

SO - 225 MANIHIKI II

DAS MANIHIKI-PLATEAU - ENTSTEHUNG, AUFBAU UND AUSWIRKUNGEN OZEANISCHER PLATEAUS UND PLEISTOZÄNE DYNAMIK DES WESTPAZIFISCHEN WARMWASSERPOOLS



Abschlussbericht

- 03G0225A -

Berichtszeitraum: 01. August 2012 bis 31. Januar 2015

K. Hoernle, D. Nürnberg, F. Hauff, R. Werner (GEOMAR)

R. Tiedemann (AWI)

unter Mitarbeit von

M. Portnyagin, J. Raddatz, R. Golowin (GEOMAR)

N. Rippert (AWI)

Vorbemerkung

Das Forschungsvorhaben SO-225 MANIHIKI II wurde von den Arbeitsgruppen von Prof. Hoernle (magmatische Geochemie, GEOMAR), Prof. Nürnberg (Paläozeanographie, GEOMAR) und Prof. Tiedemann (Paläozeanographie, AWI) durchgeführt. Über den Verlauf und die Ergebnisse des am AWI durchgeführten paläozeanographischen Projektteiles, der in engster Kooperation mit der AG Nürnberg durchgeführt wurde, hat Prof. Tiedemann bereits einen gesonderten Abschlussbericht vorgelegt. Nach Rücksprache mit dem Projektträger werden die am AWI durchgeführten Arbeiten hier nur dann erwähnt, wenn diese die am GEOMAR vorgenommenen Untersuchungen und in diesem Abschlussbericht dargestellten Ergebnisse direkt betreffen. Ansonsten verweisen wir auf den AWI-Abschlussbericht von Prof. Tiedemann.

I.1. Aufgabenstellung

Die FS SONNE-Reisen SO-224 und SO-225 in den äquatorialen Westpazifik sind Teil des BMBF-Verbundprojektes MANIHIKI II, das vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und dem Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) gemeinsam durchgeführt wurde. Mit diesem multidisziplinären Projekt wurden bereits im Jahr 2007 mit SO-193 begonnene morphologische, vulkanologische, geochemische und geochronologische Untersuchungen am Manihiki-Plateau, einer ozeanischen Flutbasaltprovinz (Large Igneous Province, LIP), fortgeführt und um neue geophysikalische und paläozeanographische Forschungsansätze erweitert.

Der Schwerpunkt von SO-225 lag auf der stratigraphisch kontrollierten Beprobung der Lavaabfolgen des Plateaubasements mit dem Tiefseeroboter ROV Kiel 6000 und Kettensackdredgen sowie auf umfangreichen Beprobungen von Tiefseesedimenten und der darüberliegenden Wassermassen. Das Zusammenbringen der wissenschaftlichen Ergebnisse von SO-224 (Geophysik) und SO-225 mit bereits vorhandenen Daten von den westpazifischen Flutbasaltprovinzen Manihiki, Hikurangi und Ontong Java trägt zu einem besseren Verständnis der Ursachen und Auswirkungen von vulkanischen Großereignissen, der Bildung von Flutbasaltprovinzen und der Paläozeanographie und des Paläoklimas des äquatorialen Westpazifik bei.

Vulkanologie/magmatische Geochemie (zeitliche, räumliche und kompositionelle Entwicklung des Manihiki-Plateaubasements)

Die Analyse der bei SO-193 MANIHIKI gewonnenen Proben und Daten hat uns grundlegende Kenntnisse und Hypothesen zum Ursprung und zur Entwicklung des Manihiki-Plateaus sowie dessen Bezug zu den Hikurangi (SO-168) und Ontong-Java-Plateaus geliefert (z.B. Hoernle et al. 2010, GCA 74; Timm et al. 2011, EPSL 304). Mit SO-193 wurden aber auch die Voraussetzungen für einen effizienten Einsatz eines ROV am Manihiki-Plateau geschaffen. Mit SO-225 MANIHIKI II sollten daher detaillierte, stratigraphisch kontrollierte Beprobungen an Vertikalprofilen der verschiedenen geomorphologischen Einheiten des Manihiki-Plateaubasements durchgeführt werden. Einige der wichtigsten Fragen, die mit diesem Ansatz bearbeitet werden sollten, sind:

- Wie war der genaue zeitliche Ablauf der Bildung des Manihiki-Plateaubasements? Erfolgte die Plateaubildung kontinuierlich in einem großen Ereignis (entsprechend dem klassischen Modell) oder über einen längeren Zeitraum bzw. in mehreren Phasen (wie offenbar beim Hikurangi-Basement oder der karibischen LIP) und existieren zeitliche Unterschiede in der Basemententwicklung zwischen den verschiedenen geomorphologischen Einheiten des Plateaus.
- Gab es kompositionelle Variationen während der Plateaubildung, bzw. wie homogen oder heterogen sind ozeanische LIPs? Durch die stratigraphisch kontrollierte Beprobung des Manihiki-Plateaubasements sollten eventuelle räumliche und zeitliche kompositionelle Variationen innerhalb des Plateaubasements erfasst und deren Korrelation mit dem zeitlichen Ablauf der Plateaubildung evaluiert werden.
- Paläoenvironment der Plateaubildung? Anhand von Struktur, Textur und Volatilgehalt der Vulkanite sollten Aussagen über das Paläoenvironment bzw. dessen mögliche Änderungen

während der Plateaubildung(sphasen) gemacht und damit die geophysikalischen Ansätze von SO-224 ergänzt werden.

- Die interne Struktur und Stratigraphie? Wie sind die interne Struktur und der Aufbau der Manihiki-LIP? Die Scarps des Manihiki-Plateaus bieten eine sehr gute Möglichkeit, mit modernen Beobachtungs- und Beprobungsverfahren (ROV) eine detaillierte Aufnahme der internen Strukturen und magmatischen Abfolgen durchzuführen.

Paläozeanographie (Pleistozäne Dynamik des Westpazifischen Warmwasserpools)

Mit paläozeanographischen Arbeitsansätzen soll die Dynamik und Entwicklung des Westpazifischen Warmwasserpools (WPWP) im Pleistozän, insbesondere die Veränderlichkeit seiner Thermoklinenstruktur durch die mögliche Einspeisung intermediärer Wassermassen aus dem Südozean via "ocean tunnel", rekonstruiert werden. Ferner diene das Verbundvorhaben MANIHIKI II zur Durchführung eines „Pre Site Survey“ für den IODP (Integrated Ocean Drilling Program)-Bohrvorschlag 630 „Cretaceous igneous and paleoceanographic events recorded at Magellan, Manihiki, and Hikurangi Plateaus, central Pacific Ocean“(s. Leitantrag).

Das Manihiki-Plateau mit seiner Lage im südöstlichen Randbereich des WPWP nimmt eine Schlüsselstellung ein, um die pleistozäne Dynamik des WPWP, dessen Steuerung und klimatische Relevanz auf geologischen Zeitskalen zu untersuchen. Die Möglichkeit der Beeinflussung der tropischen Thermokline durch im Südozean subduzierte nährstoffreiche, kühle und frische Wassermassen über den Mechanismus der „ozeanischen Tunnel“ wird intensiv diskutiert, um die pleistozänen Änderungen der marinen Produktivität, der biologischen Pumpe und der CO₂-Speicherung und Abgabe im östlichen äquatorialen Pazifik zu erklären (z.B. Gu und Phillander 1997, Science 275; Barnett et al. 1999, Geophys. Res. Lett. 26; Liu und Yang 2003, Geophys. Res. Lett. 30). Paläozeanographische Belege für diese extratropische Klimasteuerung fehlen jedoch weitgehend. Im speziellen wurde folgenden Themenkomplexen nachgegangen:

WPWP-Dynamik:

- Wie ist die ozeanographische und klimatische Entwicklung des WPWP während des Pleistozäns? Gab es zonale (N-S-gerichtete) bzw. meridionale (W-E-gerichtete) ozeanographische Gradienten im WPWP? Wann erfolgten weitreichende Änderungen im WPWP und welche Konsequenzen hatten sie? Wie beeinflussten diese Änderungen ENSO (El Niño-Southern Oscillation)?
- Erfolgten synchron zu der pleistozänen Dynamik des WPWP Änderungen in anderen Ozeanregionen? Wie veränderte sich das äquatoriale Strömungssystem (z.B. der äquatoriale Unterstrom (EUC), wie reagierte der äquatoriale Ostpazifik ("Cold Tongue")?

"Ocean tunnel"

- Inwieweit wurde das tropische Klimasystem im Pleistozän durch extratropische Klimaanfachungsmechanismen getrieben? Hat die Einspeisung extratropischer intermediärer Wassermassen in den EUC Einfluss auf die Thermoklinensignatur und die Paläoproduktivität im äquatorialen Pazifik? Sind die postulierten „ozeanischen Tunnel“ mit paläozeanographischen Methoden nachweisbar?
- Kann eine subtropische Abkühlung über den "Tunneleffekt" eine Änderung des zonalen Temperaturgradienten zwischen äquatorialem Ost- und Westpazifik hervorrufen und zu einem veränderten ENSO führen? Verändert die Zufuhr subantarktischer Wassermassen die Nährstoffbilanz und damit die biologische Pumpe im Bereich der äquatorialen Divergenz?

I.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Entwicklung des Manihiki-Plateaus ist Gegenstand kontroverser Diskussionen. Bis vor Kurzem resultierten die Kenntnisse über dieses Plateau im Wesentlichen aus einigen Ausfahrten (darunter SO-35 und SO-67) und einem DSDP-Leg (Site 317) in den 1960'er und 70'er Jahren sowie einer japanischen Ausfahrt 2003 mit R/V HAKUHO MARU. Dabei wurden jedoch jeweils nur kleinere Teilbereiche des Plateaus beprobt und/oder kartiert. Im Mai/Juni 2007 führte die AG Hoernle während er FS SONNE-Reise SO-193 MANIHIKI umfangreiche Kartierungen und erstmalig eine Beprobung aller großen geomorphologischen Einheiten des Manihiki-Plateaus durch. Dabei zeigte sich, dass die geodynamische Entwicklung dieses

Plateaus sehr komplex war und von intensiver Tektonik und mehrphasigem Vulkanismus (tholeiitische Plateauphase und alkalische Spätphase) gekennzeichnet ist. Die Ergebnisse von SO-193 (und SO-168 HIKURANGI) deuten ferner stark darauf hin, dass das tholeiitische Plateaubasement der Ontong Java-, Hikurangi- und Manihiki-Plateaus aus einer gemeinsamen Mantelquelle gebildet wurde, d.h. dass ein "Greater Ontong Java Nui"-Ereignis existierte (z.B. Hoernle et al. 2010, GCA 74; Timm et al. 2011, EPSL 304). Die genaue zeitliche, räumliche und kompositionelle Entwicklung des Plateaubasements konnte jedoch mit dem auf SO-193 angewandten Forschungsansatz nicht rekonstruiert werden. Allerdings wurde bei SO-193 besonderes Augenmerk auf die zahlreichen Scarps gelegt, die das Manihiki-Plateau begrenzen oder durchschneiden. Kartierungen, Probennahmen und OFOS-Profile zeigten, dass diese Scarps sehr steil sind und an ihnen Basementabfolgen nahezu lückenlos aufgeschlossen sind. Das bedeutete, dass an den großen geomorphologischen Einheiten des Plateaus eine stratigraphisch kontrollierte Beprobung des Plateaubasements möglich ist. Indem SO-193 MANIHIKI bewies, dass sich am Manihiki-Plateau die wahrscheinlich einzigartige Möglichkeit bietet, das Basement einer ozeanischen Flutbasaltprovinz ohne aufwendige Tiefbohrungen umfassend zu beproben, bildete dieses Projekt eine grundlegende Voraussetzung für den Projektteil Vulkanologie/magmatische Geochemie von MANIHIKI II.

Grundlegende Voraussetzungen für die paläozeanographischen Arbeiten von SO-225 MANIHIKI II wurden von den AGs Nürnberg und Tiedemann während verschiedener IMAGES-Kampagnen mit FS MARION DUFRESNE südwestlich von Australien und westlich von Neuseeland geschaffen. Die wissenschaftlichen Fragestellungen befassten sich mit den Auswirkungen eines sich verändernden WPWP im Pleistozän auf die ost- bzw. westaustralischen Oberflächenstromsysteme (Leeuwin Strom, Ostaustral Strom). Ergänzt wurden diese Arbeiten durch die aus der Teilnahme von D. Nürnberg an ODP Leg 189 resultierenden Arbeiten auf dem East Tasman Plateau (Nürnberg et al. 2004, Geophysical Monograph Series, 151; Nürnberg und Groeneveld 2006, G-cubed 7). Ferner wurde 2005 zusammen mit Prof. W. Kuhnt (Univ. Kiel) während SO-185 (VITAL) eine paläozeanographische Beprobung in der Timor-See durchgeführt, deren Auswertung auf die pleistozäne Variabilität des Indonesischen Durchstromes und dessen Einfluss auf den WPWP abzielte (Zuraida et al. 2009, Paleoceanography 24). Im Rahmen eines ODP-Auswerteprojektes wurden die genannten Fragestellungen auf das Pliozän ausweitend und damit weitere Voraussetzungen für die Arbeiten am Manihiki-Plateau geschaffen (Karas et al. 2009, Nature Geoscience; Karas et al. 2011a, EPSL 301, Karas et al. 2011b, Paleoceanography 26; Karas et al. 2012, EPSL 331). In direktem Zusammenhang mit MANIHIKI II ist die BMBF-SOPATRA Initiative von Tiedemann/Nürnberg mit FS SONNE im südöstlichen Pazifik (SO-213) zu sehen, die Einblicke in die Zwischenwasserbildungsprozesse ermöglichte (Tapia et al. 2015, EPSL 410).

Ebenfalls entscheidende Voraussetzungen für SO-225 waren die während der vorhergehenden Reise SO-224 gewonnenen geophysikalischen (Reflexions- und Refraktionsseismik, PARASOUND) und bathymetrischen Daten, durch u.a. die Identifikation von optimalen Lokalitäten für die Sediment- und Gesteinsbeprobung erlaubten.

Das von vorherigen Projekten vorhandene Proben- und Datenmaterial wurde soweit sinnvoll in das Vorhaben mit einbezogen. Die überaus meisten der für die vulkanologisch-geochronologisch-geochemischen und paläozeanographischen Untersuchungen im Rahmen von MANIHIKI II notwendigen Daten und Proben wurden jedoch auf der Ausfahrt SO-225 gewonnen. Der überwiegend erfolgreiche Verlauf von SO-225 bildete somit eine der wichtigsten Voraussetzungen für den erfolgreichen Abschluss des Forschungsvorhabens SO-225 MANIHIKI II.

Weitere wesentliche Voraussetzungen für die Durchführung von MANIHIKI II umfassen:

- Finanzierung der Schiffs- und Transportkosten der Expedition SO-225 mit FS SONNE durch das BMBF.
- Finanzierung von wissenschaftlichem Personal durch das BMBF (Dr. Maxim Portnyagin, Dr. Jacek Raddatz, M.Sc. Roman Golowin, studentische Hilfskräfte).

- Bereitstellung von Probennahmegeräten (u.a. Kolbenlot, Schwerelot, Multicorer, Großkastengreifer, Multinetz, Planktonnetz, ROV Kiel 6000) und Messgeräten (Sedimentkernlogger) durch GEOMAR und AWI für den Zeitraum der Expedition SO-225.
- Bereitstellung von Kettensackdredgen durch die RF Forschungsschiffahrt GmbH (institutseigene Dredgen befanden sich nicht an Bord, da ursprünglich nur eine ROV-Beprobung geplant war, s. Abschnitt I.3).
- Nutzung des EM120 Fächerecholots und des ATLAS PARASOUND-Sedimentecholots sowie der CTD an Bord von FS SONNE.
- Umfangreiche Bereitstellung der Laborinfrastruktur und Messzeiten des GEOMAR zur Durchführung von sedimentologischen, petrologischen, geochemischen und geochronologischen Analytik.
- Etablierung und Weiterentwicklung der analytischen Methoden.
- Nutzung eines Micro-XRF-Sanners am AWI-Bremerhaven zur Bestimmung der Elementzusammensetzung (biogener vs. terrigener Sedimenteintrag) an ausgesuchten Sedimentkernen (in engster Zusammenarbeit mit R. Tiedemann, AWI).
- Paläomagnetische Untersuchungen an ausgesuchten Sedimentkernen (in engster Zusammenarbeit mit PD Dr. N. Nowaczyk, GFZ Potsdam).
- Anfertigung von Gesteinsdünnschliffen und Durchführung von Teilen der Haupt- und Spurenelement- sowie der Volatil- und O-Isotopenanalytik in externen Laboren als Auftrag (BMBF-finanziert).
- Bereitstellung von Sedimentkern- und Gesteinsprobenlager für SO-225 Probenmaterial durch GEOMAR.
- Datenhaltung und Datenverwaltung am GEOMAR und in der PANGAEA-Datenbank am AWI (www.pangaea.de).

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Ablauf des Vorhabens MANIHIKI II entsprach abgesehen von einigen Verzögerungen bzw. Umstellungen bei den Laborarbeiten der von uns im Antrag vorgeschlagenen Arbeits- und Zeitplanung. Die zugehörige FS SONNE-Reise SO-225 verlief trotz technischer Probleme und einem außerplanmäßigen Hafentop in Pago Pago (U.S. Samoa) erfolgreich. Die Reise begann am 21.11.2012 in Suva/Fidschi und endete am 5.01.2013 in Auckland/Neuseeland. In Suva kam es zu mehreren Treffen mit den Kollegen/innen der Geophysik vom AWI, bei denen diese uns über Ergebnisse und Erfahrungen der vorherigen Expedition SO-224 berichteten und uns einen umfassenden Datensatz (Seismik, Bathymetrie, Parasound) zur Verfügung stellten, der eine wesentliche Grundlage für eine effektive und zielgerichtete Auswahl der Stationen von SO-225 bildete. Insgesamt wurden während SO-225 62 Geräteeinsätze sowie 2.940 nm Fächerecholot- und 2.250 nm Sedimentecholotvermessungen (PARASOUND) durchgeführt. Der Verlauf der Schiffsexpedition und eine ausgiebige Dokumentation der Ergebnisse sind im Fahrtbericht detailliert dargestellt (Werner et al. 2013, <http://oceanrep.geomar.de/21284/>).

Bei vier erfolgreichen ROV-Tauchgängen wurden 32 Gesteinsproben von Profilen im Norden und im Zentrum des Manihiki-Plateaus (North Plateau und Danger Island Troughs) gewonnen, u.a. entlang eines ~3 km langen Tiefenprofils, das sich von 4.600 m bis in 3.260 m Wassertiefe an einem südöstlichen Ausläufer des North Plateaus erstreckt. Aufgrund einer Reihe unglücklicher Umstände außerhalb unserer Kontrolle, über die der Projektträger Jülich umfassend informiert wurde, musste die ROV-Beprobung anschließend abgebrochen werden. Stattdessen wurde das Basement des Manihiki-Plateaus mit Dredgen beprobt, um den vorhandenen Probensatz zu erweitern. Von 23 Dredgezügen förderten 20 magmatische Gesteine, 12 Vulkaniklastika, 8 Sedimentgesteine und 13 Fe-Mn-Oxide aus durchschnittlich 4.380 m Wassertiefe zu Tage. Bemerkenswerterweise fand sich in einigen Dredgen frisches vulkanisches Glas, das detaillierte petrologische und geochemische Untersuchungen der plateaubildenden Schmelzen erlaubt (s.u.).

Im Rahmen der paläozeanographischen Arbeiten erbrachten zehn von 11 Multicorern Sedimentproben, 16 Kolben- und 3 Schwereloteinsätze insgesamt 131,6 m Kerngewinn. Die Sedimentkerne decken ein 1.100 km langes N-S-Profil ab, das sich vom Ozeanboden nördlich des Manihiki-Plateaus bis zu dessen südlichen Ausläufern erstreckt. Die Sedimentbeprobung erbrachte exzellente paläozeanographische Archive, die über das gesamte N-S-Profil korreliert

werden können und bis an die Pleistozän/Pliozän-Grenze zurückreichen (s.u.). Die Beprobung der Wassersäule mit CTD und Multinetz verlief ebenfalls sehr erfolgreich (s. Tiedemann Abschlußbericht).

Auf dem Rückweg nach Auckland wurde auf Bitten von GEOMAR-Kollegen (PD Dr. I. Grevemeyer) der aktive submarine Vulkan Monowai kartiert, um die Entwicklung dieses Vulkans in einer Zeitserie zu dokumentieren. Gegen Ende der Profifahrten am Monowai nahm die vulkanische Aktivität jedoch plötzlich so stark zu, dass die Kartierung des Gipfelbereichs aus Sicherheitsgründen abgebrochen werden musste.

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. und im Erfolgskontrollbericht vorgestellten Ergebnisse resultierten.

Vulkanologie/magmatische Geochemie

Bei den sich an die FS SONNE-Reise anschließenden Laborarbeiten waren kleinere Abweichungen im Projektteil Vulkanologie/magmatische Geochemie (AG Hoernle) in erster Linie durch die oben erläuterten Änderungen bei der Probenahme bedingt, da die dichte Dredgebeprobung größere Mengen an Probenmaterial und auch andere Proben als die ursprünglich vorgesehene ROV-Beprobung erbrachte. Dies machte wiederum einen erheblich größeren Arbeitsaufwand bei der Probenauswahl und -aufbereitung als geplant erforderlich. Aus diesem Grunde musste ein größerer Teil der für 2013 geplanten Analytik auf 2014 verschoben werden. Auch war es sinnvoll, teilweise andere Analysemethoden anzuwenden als ursprünglich geplant. So wurde z.B. bei den Dredgezügen erfreulicherweise eine unerwartet große Menge an unaltered vulkanischen Gläsern und Olivinen gewonnen, deren wissenschaftliche Auswertung einen höheren Anteil an ortsauflösender Analytik wie Elektronenstrahl-Mikrosonde oder LA-ICP-MS (Laser-"inductively coupled plasma"-Massenspektroskopie) erforderte. Auch ermöglichte dies eine Bestimmung von Sauerstoffisotopenverhältnissen (Olivine und Gläser) mittels Massenspektroskopie und von Volatilgehalten (Gläser) mittels Ionensonde (SIMS). Da bei Antragstellung nicht damit gerechnet werden konnte, genügend geeignetes Probenmaterial für diese Analytik zu gewinnen, war sie nicht Gegenstand des Projektantrags. Mit dieser Analytik konnten jedoch wichtige zusätzliche Informationen über Ursprung und Entwicklung der Magmen gewonnen werden, so dass sie nachträglich in das Arbeitsprogramm mit aufgenommen wurde. Alle diese Änderungen waren kostenneutral und erfolgten in Abstimmung und mit Einverständnis des Projektträgers.

Zur Evaluierung der Gesteinsproben, für petrographische Untersuchungen und für ortsauflösende Analytik wurden im Projektteil Vulkanologie/magmatische Geochemie über 150 abgedeckte Dünnschliffe, 40 polierte Dünnschliffe sowie diverse Anschliffe von Gläsern und Mineralen angefertigt. Insgesamt wurden ca. 3.500 Mikrosondenanalysen (Hauptelement- und Volatilzusammensetzung von Gläsern, Mineralien und Glaseinschlüssen), über 100 Röntgenfluoreszenzanalysen (Hauptelementzusammensetzung von Gesamtgesteinen), 85 ICP-MS-Analysen (Spurenelementzusammensetzung von Gesamtgesteinen) und ca. 100 LA-ICP-MS-Analysen (Spurenelementzusammensetzung von Gläsern, Mineralen und Glaseinschlüssen), 10 Sauerstoffisotopenanalysen ($\delta^{18}\text{O}$ in Gläsern und Mineralen), 50 Ionensondenanalysen (H_2O und CO_2 in Gläsern und Glaseinschlüssen), und 22 Sr-Nd-Pb-Isotopenanalysen an Gläsern und Gesamtgesteinen durchgeführt. Weiterhin wurden 22 Gesteinsproben für Ar/Ar-Datierungen vorbereitet und die Mineral-, Glas- und Matrixseparate bestrahlt. Die Datierungen selbst verzögerten sich jedoch wegen technischer Probleme (Ausfall/Ersatz des Lasers), werden aber derzeit abgeschlossen.

Zusätzlich wurden von K. Hoernle in Zusammenarbeit mit B. Schaefer (Macquarie Univ., Australien) 12 Re/Os-Isotopenanalysen an Proben vom Manihiki-Plateaubasement, die auf den Ausfahrten SO-193 und SO-225 gewonnen wurden, durchgeführt. Diese Untersuchungen, die neue Erkenntnisse über die Magmenquellen des "Greater Ontong Java Nui"-Ereignisses erbrachten (s. Abschnitt 2 des Erfolgskontrollberichts), waren ursprünglich nicht vorgesehen und wurden aus Eigenmitteln des GEOMAR und der Macquarie Universität finanziert.

Wichtige Meilensteine während der Datenauswertung und -Interpretation waren verschiedene Tagungen und Arbeitstreffen, auf denen Zwischenergebnisse vorgestellt und

diskutiert wurden. Bereits 6 Wochen nach Ende der SO-225 Expedition wurden auf dem Sonne-Statusseminar 2013 erste Ergebnisse des gesamten MANIHIKI II-Projekts (SO-224 und SO-225) auf einem gemeinsamen Poster vorgestellt. Während der folgenden Analytik und Auswertephase standen wir kontinuierlich im engen Kontakt zu den Kollegen/innen am AWI. Am 02.12.2014 wurde ein Arbeitstreffen am AWI initiiert, auf dem in erster Linie Möglichkeiten zur Synthese der geophysikalischen und vulkanologisch/geochemischen Ergebnisse diskutiert wurden. Auf der AGU Herbsttagung 2014 wurden von dem im Projekt angestellten Doktoranden der AG Hoernle, Herrn Roman Golowin, Ergebnisse aus dem Projekt in einem Vortrag einem internationalem Publikum vorgestellt. Auch diese Tagung wie auch das Sonne-Statusseminar 2015 wurde für Treffen mit AWI-Wissenschaftlern/innen genutzt. Auf dem Sonne-Statusseminar im Februar 2015 wurden Ergebnisse der vulkanologisch-geochemischen Arbeiten von Herrn Golowin in einem Vortrag und von dem Projektmitarbeiter Dr. Maxim Portnyagin auf einem Poster präsentiert. Weitere wichtige Meilensteine sind die Abfassung der drei Manuskripte, die dem Erfolgsprotokollbericht als Anlage beiliegen.

Paläozeanographie

Das während SO-225 gewonnene Probenmaterial (Sedimente, Planktonfänge, Wasserproben) eignet sich hervorragend zur Bearbeitung der gesetzten Ziele und erlaubt zum Einen detaillierte Einsichten zu den Habitattiefen der biogenen Signalträger (Foraminiferen), zum Anderen eine detaillierte paläozeanographische Rekonstruktion über das Pleistozän bis an die Grenze zum Pliozän. Die Auswertearbeiten erfolgten überwiegend termingerecht und planmäßig entsprechend dem beantragten Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan. Anfängliche Verzögerungen im Projektverlauf hingen damit zusammen, dass sich ausgewählte Sedimentkerne erst nach den ersten Messungen als weniger brauchbar herausstellten, dass gerätebedingte Ausfälle in den Laboren die ursprüngliche Zeitplanung verzögerten und letztendlich, dass die Häufigkeitsverteilung der Foraminiferen aus den Netzfängen ein unerwartetes Spektrum aufwiesen (bereits im Zwischenbericht für das 2. Halbjahr 2014 dargestellt).

Die Laborarbeiten begannen am GEOMAR, nachdem das Probenmaterial der FS SONNE Expedition im Frühjahr 2013 per Container in Kiel ankam. Die Aufbereitung der Sedimentproben, die Etablierung der Sedimentkern-Stratigraphien und die Messung der verschiedenen Proxydaten begann im Frühling 2013 und dauert bis heute an. Unsere Ergebnisse wurden kontinuierlich zwischen den GEOMAR- und AWI-Partnern diskutiert, bei gegenseitigen Besuchen, während der SONNE Statusseminare und im Rahmen der ISOS-Doktorandengespräche (ISOS = Intergrated School of Ocean Sciences). Die Planung der weiteren Arbeiten wurde dann entsprechend überdacht und gegebenenfalls neu angepasst. Der Projekt-Postdoc (GEOMAR) und die Doktorandin (AWI) entwickelten zusammen mit den Projektleitern gemeinsame Strategien zu einer effizienten und gemeinsamen Probenaufbereitung, die zu wissenschaftlichen Synergien führte.

- Die Bestimmung der Mg/Ca- und stabilen Isotopenverhältnisse in Foraminiferen aus unterschiedlichen Habitattiefen von ~30 m bis ~400 m (*G. ruber*, *G. sacculifer*, *G. tumida*, *G. truncatulinoides*) hat zügig Fortschritte gemacht, zumal wir mit dem involvierten technischen Personal der Forschungseinheit „Paläozeanographie“ mit Herrn Fynn Wulf (MAT Massenspektrometer), und Nadine Gehre (ICP-OES), dem Projekt Postdoc und den zahlreichen Hiwis und Praktikanten/innen ein versiertes und eingespieltes Team hatten, die das Projekt optimal unterstützt und einen großen Probendurchsatz bei hoher Qualität garantiert haben.
- An ausgewählten Sedimentkernen wurden am AWI mit dem Röntgenfluoreszenz (XRF) Scanner die Intensitäten der Elementvariationen in 1 cm Abständen gemessen (Elemente im Periodensystem von Aluminium bis zum Uran). Die ~1 Monat andauernden Messungen wurden durch Hiwis am AWI unter der Anleitung von R. Tiedemann durchgeführt. Die Scanner-Daten erlauben zum Teil eine detaillierte Korrelation der Sedimentabfolgen mittels z.B. Ti, Zr, Br, ermöglichten erste stratigraphische Einstufungen und lieferten Hinweise über die Veränderungen im biogenen und terrigenen Sedimenteintrag.
- Die Stratigraphien der Sedimentkerne SO225-08 und SO225-53 wurde unter Zuhilfenahme biostratigraphischer Daten (s. SO-225 Fahrtbericht) bzw. der Korrelationen mit einem

Referenzkern (SO-67-34KL, Beiersdorf et al. 1995, Marine Geology 125) etabliert. Im Weiteren wurden die SO-225-Kerne untereinander mittels XRF-Scannerdaten und Minolta Lightness-Daten korreliert (s. SO-225 Fahrtbericht). Eine weitere Absicherung der absoluten Altersgerüste dieser bis an die Pliozän/Pleistozän-Grenze zurückreichenden und qualitativ überwiegend hochwertigen Sedimentkerne sollte durch paläomagnetische Messungen erfolgen. In Kooperation mit PD Dr. Norbert Nowaczyk (GeoForschungszentrum Potsdam) wurden die paläomagnetischen Messungen an den Sedimentkernen SO-225-08 und SO-225-53 durchgeführt. Die entsprechende Probennahme erfolgte in 2014. Leider sind die paläomagnetischen Ergebnisse aufgrund der hohen Karbonatgehalte der Sedimente nicht interpretierbar. Des Weiteren wurden in den GEOMAR-Laboren die Mg/Ca, $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ -Datenserien für den Sedimentkern SO-225-07 erarbeitet (s. AWI Abschlussbericht). Der Vergleich dieser Daten mit den von uns bearbeiteten SO-225-Kernen wird die zeitlichen und räumlichen Variationen des WPWP auf kürzeren und höher auflösenden Zeitskalen als bisher erlauben (hier die letzten 200.000 Jahre).

- Auf die geplanten Biomarker-Analysen (Alkenone zur Bestimmung der U^{K}_{37} -Oberflächentemperaturen) mußte nach anfänglichen Versuchen verzichtet werden, weil die organischen Kohlenstoffgehalte der karbonatreichen Sedimente zu gering waren.
- Insgesamt wurden 2591 Spurenelementanalysen und 2562 stabile Isotopenanalysen an planktischen Foraminiferen, sowie 193 stabile Isotopenanalysen an benthischen Foraminiferen durchgeführt. Paläomagnetische Untersuchungen wurden an 27 Kernmetern durchgeführt (GFZ Potsdam). Insgesamt 54 Kernmeter wurden XRF-gescannt (am AWI). Zwei Sedimentoberflächenproben wurden AMS¹⁴C-datiert.

Wichtige Meilensteine auf dem Weg von der Auswertung zur Dokumentation und Veröffentlichung waren die Teilnahme an Fachtagungen bzw. Workshops, die der Vorstellung der MANIHIKI II Projektergebnisse und der Koordinierung der vorangehenden Auswertearbeiten dienten. In diesem Zusammenhang wurde auch eine Abstimmung mit den bereits durchgeführten SO-213-Arbeiten (BMBF Projekt SOPATRA der Antragsteller Tiedemann/Nürnberg) diskutiert.

Ein erster Workshop fand am 14. und 15. Februar 2013 im Rahmen des „Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013“ in Kiel statt. Hier wurden die Ergebnisse der SO-225-Expedition in Posterform präsentiert und im Tagungsband 2013 des Projektträger Jülich – Geschäftsbereich MGS veröffentlicht. Der Workshop diente zudem dem weiteren Informationsaustausch der MANIHIKI II-Beteiligten sowie der Abstimmung der weiteren Arbeiten.

Die Teilnahme am AGU Fall Meeting 2014 (15.12.-19.12.2014, San Francisco, California, USA) diente der Vorstellung der Projektergebnisse durch den Projekt-Postdoc Jacek Raddatz in Posterform. Die Tagung war eine erste Gelegenheit, Daten zusammenzustellen und international zu präsentieren, Kontakte aufzubauen und Diskussionen mit Fachkollegen/innen zu führen.

Auf dem „Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2015“, (12.-13.2.2015, Bremen) wurden die GEOMAR und AWI-Gesamtergebnisse zusammen dargestellt und in Form eines Vortrages (Rippert et al.) präsentiert. Die erweiterte Kurzfassung ist im Tagungsband 2015 des Projektträger Jülich – Geschäftsbereich MGS veröffentlicht. Der Workshop diente dem weiteren Informationsaustausch der MANIHIKI II-Beteiligten.

Ein wichtiger Meilenstein kurz nach Ablauf des MANIHIKI II Projektes ist das Einreichen einer ersten Publikation von Raddatz et al. "Pleistocene sea surface and thermocline dynamics of the SE Western Pacific Warm Pool" beim Fachblatt *Earth and Planetary Science Letters*. Ein zweites Manuskript Rippert et al. „Constraining the habitat depth of planktonic foraminifera: implications from stable isotope composition and Mg/Ca ratio from the West-Pacific Warmpool“ ist in Vorbereitung für *Marine Micropaleontology* und dem vertraulichen Erfolgskontrollbericht des AWI-Abschlussberichtes von Herrn Tiedemann beigelegt.

I.4. Wissenschaftlich-technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der wissenschaftlich-technische Stand, an den mit diesem Projekt angeknüpft wurde, wurde im Antrag zu dem Forschungsvorhaben SO-225 MANIHIKI II ausführlich beschrieben. Die

aktuellen wissenschaftlichen Hypothesen und Fragestellungen werden im Zusammenhang mit unseren vorliegenden Ergebnissen im Erfolgskontrollbericht diskutiert.

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, trugen maßgeblich zu den Ergebnissen bei, die in Abschnitt II.1. und im Erfolgskontrollbericht dargestellt sind und die teilweise bereits in Manuskripte eingeflossen sind. Unsere wichtigsten Kooperationspartner waren bzw. sind (in alphabetischer Reihenfolge der Institute):

Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (Bremerhaven)

Geophysik: Dr. Gabriele Uenzelmann-Neben, Dr. Karsten Gohl, Katharina Hochmuth, Ricarda Pietsch

Paläozeanographie: Prof. Dr. Ralf Tiedemann, Prof. Dr. A. Mackensen, Prof. Dr. J. Bijma, Dr. F. Lamy, Dr. Lars Max, Dr. Thomas Ronge, Dr. L. Lembke-Jene, Nadine Rippert

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (Nancy/Frankreich)

Ionensondenanalytik: Dr. Andrey Gurenko

Chiba University (Japan)

Bathymetrie, Tektonik: Dr. Masao Nakanishi

Christian-Albrechts-Universität (Kiel)

ICP-MS-Spurenelementanalytik: Dr. Dieter Garbe-Schönberg

GeoForschungszentrum Potsdam (ab 2013)

Paläomagnetik: PD Dr. N. Nowaczyk

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung (Kiel)

Paläozeanographie: Dr. Edmund Hathorne

Macquarie University (Australien)

Re/Os-Isotopenanalytik: Prof. Bruce F. Schaefer

Museum für Naturkunde Berlin

Biologische Beifänge: Nina Furchheim, Dr. Birger Neuhaus, Dr. Carsten Lüter

Oregon State University (U.S.A.)

Sauerstoffisotopenanalytik (Hardrocks): Dr. Ilja Bindemann

IODP-Bohrvorschlag 630: Prof. Robert A. Duncan

Universität Bremen

Coccolithenstratigraphie: Dr. Mariam Saavedra

University of Tasmania (Australien)

Tektonik und Struktur des Plateaus: Prof. Millard F. Coffin

II.1. Darstellung der erzielten Ergebnisse

II.1.1. Publierte oder in Manuskripten vorliegende Ergebnisse

Trotz der großen Menge an zu analysierenden Proben (s. Abschnitt I.3.) und des langen präparativen und analytischen „Vorlaufs“ liegen zum Zeitpunkt der Abgabe dieses Abschlussberichts bereits einige Manuskripte vor, die für die Publikation in internationalen Fachzeitschriften konzipiert sind bzw. bereits im Begutachtungsverfahren sind. Die wichtigsten Ergebnisse aus SO-225 MANIHIKI II, die in diesen Manuskripten vorgestellt werden, sind im Folgenden in knapper Form zusammengefasst. Da diese Manuskripte noch nicht publiziert und daher noch vertraulich sind, sind sie dem Erfolgskontrollbericht, der nicht publiziert wird, als Anlage beigefügt. Auch weitere, noch nicht in Manuskriptform vorliegende Daten und Interpretationen finden sich im Erfolgskontrollbericht.

Vulkanologie/magmatische Geochemie

(a) Golowin R, Hoernle K, Portnyagin M, Gurenko A, Hauff F, Garbe-Schönberg D, Werner R (in Vorb.) Multi-stage melting to form the Manihiki Plateau. *Geology*

In dieser Arbeit werden die Haupt- und Spurenelement- sowie Isotopenzusammensetzungen der "low-Ti"-Laven des Manihiki-Plateaubasements vorgestellt. Ähnlich wie boninitische Gesteine an Subduktionszonen weisen diese Laven U-förmige Spurenelementmuster auf. Es wird gezeigt, dass die "low-Ti"-Laven durch eine Mischung aus einer stark verarmten Schmelze (ultra-depleted component, UDC) mit geringen Anteilen von angereicherten, HIMU-artigen (high time-integrated U/Pb) Ozeaninselbasalt-Magmen entstanden. Isotopendaten belegen, dass die UDC ähnliche Charakteristika aufweist wie die Quelle der Kroenke/Kwaimbaita-Laven des Ontong Java Plateaus, die in ihrer Zusammensetzung dem FOZO (focal zone) Mantelendglied ähnelt. Der Ursprung der UDC wird durch sekundäres Schmelzen vom residualen und somit an Spurenelementen verarmtem FOZO-Plumematerial in geringer Tiefe nach Extraktion von 10-12% FOZO-artigen primären Schmelzen in größerer Tiefe unter Ontong Java erklärt. Durch Beimischung von geringen Anteilen an HIMU-Schmelzen werden die hoch-inkompatiblen Spurenelemente wieder angereichert. Anders als Boninite an Subduktionszonen, wo die Zufuhr wasserhaltiger Fluide das Aufschmelzen einer verarmten Quelle verursacht, werden die Boninitartigen Manihiki-Laven somit durch sekundäres Schmelzen von heißem, residualen Plumematerial unter volatilfreien Bedingungen gebildet. Die "low-Ti"-Laven des Manihiki-Plateau könnten daher das Analog zu subduktionsbezogenen Boniniten in einem ozeanischen Intraplattenmilieu repräsentieren. Dieses Manuskript liegt dem Erfolgskontrollbericht als Anlage 1 bei.

(b) Golowin R, Portnyagin, M, Hoernle, K, Garbe-Schönberg, D, Werner R (in Vorb.) Petrology of boninite-like low-Ti Lavas from the Manihiki Plateau: Implications for second-stage melting of depleted mantle in an intra-plate setting. *Earth Planetary Science Letters*

In dieser Arbeit wird die geochemische Zusammensetzung von gedregten „low-Ti“-Laven und deren Mineral-Phasen (Spinell und Olivin) vorgestellt und mit der Geochemie von boninitischen Subduktionszonengesteinen verglichen. Hierfür wurden Boninitproben von Zypern (Troodos) analysiert und zusätzlich dazu Literaturdaten genutzt, um einen detaillierten Vergleich zu ermöglichen. Die "low-Ti"-Laven haben im Vergleich zu anderen ozeanischen, submarinen Laven (z.B. Basalte vom mittelozeanischen Rückenbasalte [MORB] oder Basementlaven vom Ontong Java Plateau) höhere SiO₂- und deutlich niedrigere TiO₂-Gehalte bei gleichem MgO-Gehalt. Diese Merkmale wie z.B. auch niedrige Ti/V-Verhältnisse und U-förmige Spurenelementmuster (normalisiert) sind typische geochemische Merkmale von Boniniten aus Troodos (Zypern) und von Tonga. Auf der anderen Seite zeigen z.B. die Th/Yb oder Nb/Yb-Verhältnisse der "low-Ti"-Laven von Manihiki, dass sie wie z.B. Ozeaninselbasalte im ozeanischen Intraplattenbereich gebildet worden sind. Die Zusammensetzung von Cr-reichen Spinell-Mineralen ist ein wichtiges Instrument, das Hinweise auf die Zusammensetzung und das Aufschmelzverhalten der Mantelquelle liefert. Spinell-Mineralen in den "low-Ti"-Manihikilaven haben niedrige TiO₂-Gehalte und hohe Mg#-Werte (Mg#: molares MgO/MgO+FeO-Verhältnis) wie bei Boniniten, aber deutlich niedrigere Cr₂O₃ und höhere Al₂O₃-Gehalte als Spinelle in Boniniten. Basierend auf der Zusammensetzung der Spinelle kann der Aufschmelzgrad der Mantelquelle beim sekundären Schmelzen auf ca. 20% geschätzt werden.

Die Bestimmung von Kristallisationstemperaturen und der Sauerstofffugazität (fO₂) der Magmen während der Kristallisation von Spinelleinschlüssen in Olivin zeigt, dass die Spinelle in den "low-Ti"-Laven bei ca. 1200 - 1300°C unter reduzierten Sauerstoffbedingungen kristallisiert sind (1-2 log-Einheiten niedriger als bei Boniniten an Subduktionszonen). Die Temperaturen sind hierbei ungefähr 100°C höher als bei Spinellen in Boniniten aus Zypern.

Basierend auf den Gemeinsamkeiten und Unterschieden von "low-Ti"-Laven und deren Mineralen im Vergleich zu Boniniten interpretieren wir die volumetrisch dominanten "low-Ti"-Basementlaven des Manihiki-Plateaus als Intraplatten-Analoge zu Boniniten, welche durch sekundäres Aufschmelzen von heißem Plumematerial gebildet worden sind. Dieses Manuskript liegt dem Erfolgskontrollbericht als Anlage 2 bei.

(c) Portnyagin M, Garbe-Schönberg D, Almeev R, Golowin R, Hoernle K, Kamenetsky V, Migdisova N, Saveliev D, Shishkina T, Suschevskaya N, Timm C, Werner R (in Vorb.) Mantle

melting controls of Au-Ag-Cu systematics in Earth magmas. *Nature Geoscience*

Hohe Konzentrationen von Edelmetallen wie Gold oder Silber in Magmen haben das Potential zur der Bildung von Erzlagerstätten infolge mehrphasiger Differentiationsprozesse. Die initialen Konzentrationen von Edelmetallen in Magmen sind jedoch bisher nur wenig bekannt, wodurch die genetischen Zusammenhänge zwischen kompositionellen Besonderheiten von Erzlagerstätten und deren Ausgangsmagmen nur schwer zu rekonstruieren sind. In dieser Arbeit werden Konzentrationen von Au, Ag und Cu in vulkanischen Gläsern von mittelozeanischen Rücken (MOR), ozeanischen und kontinentalen Intraplattenmilieus sowie aus Inselbögen vorgestellt. Ihre kombinierten Systematiken werden genutzt, um die Prozesse zu entschlüsseln, die für die Häufigkeit und Variabilität von Edelmetallen in primitiven Magmen verantwortlich sind. Es wird gezeigt, dass Au-, Ag- und Cu-Gehalte in erster Linie durch den Grad des Aufschmelzens im Mantel kontrolliert werden. Bei geringen bis mittleren Aufschmelzgraden geschieht dies durch die Partitionierung dieser Elemente zwischen verschiedenen Mantelsulfidphasen und Silikatschmelzen. Ein Schmelzen des Mantels bei hohen Temperaturen in Gegenwart von liquiden Sulfiden fraktioniert nicht das Ag/Cu-Verhältnis sondern generiert Magmen, in denen bei fortwährendem Aufschmelzen Au angereichert wird und das Au/Cu-Verhältnis ansteigt. Die stärkste Anreicherung von Au und höhere Au/Cu-Verhältnisse als in primitivem Mantel, wie z.B. in Boniniten und in einigen der "low-Ti"-Laven des Manihiki-Plateaus, resultieren aus sekundärem Aufschmelzen von residualen Mantel nach vorheriger Extraktion von Schmelzen. Aufschmelzen von Mantelmaterial bei geringen Temperaturen in Gegenwart von Sulfidmineralen generiert eine gekoppelte Anreicherung in Ag und Au relativ zu Cu. Sulfidminerale kontrollieren die Menge von Edelmetallen in Magmen von kaltem lithosphärischen Mantel (wie z.B. Lamproite) und beeinflussen wahrscheinlich die Zusammensetzung von angereicherten MOR-Basalten und primitiven kontinentalen Arc-Magmen. Dieses Manuskript liegt dem Erfolgskontrollbericht als Anlage 3 bei.

Paläozeanographie

Aus der paläozeanographischen Bearbeitung ausgewählter Sedimentkerne resultierte das folgende Manuskript von Raddatz et al., das die Pleistozäne Dynamik des W-pazifischen Warmwasserspeichers in bisher nicht bekannter Auflösung erfasst. Es liegt dem Erfolgskontrollbericht als Anlage 4 bei.

- (d) Raddatz J, Nürnberg D, Tiedemann, R. (eingereicht) Pleistocene sea surface and thermocline dynamics of the SE Western Pacific Warm Pool. *Earth and Planetary Science Letters*.

Dem tropischen Westpazifik als weltgrößtem Warmwasserpool/speicher (WPWP) kommt eine Schlüsselrolle im globalen Klimageschehen zu. Die zeitliche und räumliche Entwicklung des WPWP und dessen Interaktion mit anderen Ozeanregionen auf erdgeschichtlichen Zeitskalen ist aufgrund der geringen Sedimentkern – und paläozeanographischen Datendichte nur wenig bekannt. Gestützt auf kombinierten Mg/Ca und stabilen Sauerstoffisotopendaten planktischer Foraminiferengehäuse rekonstruieren wir die Pleistozäne Oberflächen-, oberflächennahe, Thermoklinen- und tiefe Thermoklinentemperatur und -salinität am südöstlichen Rand des WPWP (Manihiki-Plateau). Nach unseren Daten ist die pleistozäne Veränderlichkeit der Temperaturen (~2-3°C) und Salinitäten in den oberflächennahen Wassermassen (-100 m Wassertiefe) signifikant geringer ausgebildet als in den dynamischeren tieferen Stockwerken (200-400 m) mit bis zu 6°C Amplitudenvariationen. Die graduelle Abkühlung des WPWP geht mit der globalen Abkühlung einher, wobei insbesondere nach ~1.7 Ma die meridionalen und latitudinalen Gradienten im WPWP stark ausgeprägt waren und auf ENSO-ähnliche Klimazustände (El Niño Southern Oscillation) verweisen. Der Vergleich zu publizierten Datensätzen verdeutlicht, dass sich der Temperatur- und Salzgehaltsgradient zwischen dem äquatorialen Ost- und Westpazifik um mehrere hunderttausend Jahre früher entwickelt hat als bisher angenommen, womöglich in Zusammenhang mit der Nordhemisphärenverseisung vor 2.7 Ma. Erst ab ~1.35 Ma erlangt der WPWP seine heutige Konfiguration. Die insbesondere seit 1.7 Ma zunehmende Dynamik in den tieferen Wassermassen (200-400 m) mit einer stark veränderlichen, sich aber kontinuierlich verflachenden Thermokline interpretieren wir als Intensivierung des Äquatorialen Unterstromes. Aus unserer Sicht erscheinen nordwärts strömende intermediäre Wassermassen aus dem Südozean als potentiell wichtigster Antrieb,

um die pleistozäne Veränderlichkeit der tropischen Thermokline, die Entwicklung des WPWP und die Entwicklung der ostpazifischen Kältezunge zu erklären.

Das Manuskript von Rippert et al. beschäftigt sich mit der Ökologie und Lebensweise der (isotopen)geochemischen Signalträger, den Foraminiferen. Die Proxykalibrierung anhand von Wasser- und Planktonnetzbeobachtung ist ein wichtiger Aspekt jeglicher paläozeanographischer Ansätze. Diese Manuskript liegt dem Abschlussbericht von Prof. Tiedemann (AWI) bei.

(e) Rippert N, Tiedemann R, Raddatz J, Hathorne ., Nürnberg N, Bijma J (in Vorb.) Constraining the habitat depth of planktonic foraminifera: implications from stable isotope composition and Mg/Ca ratio from the West-Pacific Warmpool. *Marine Micropaleontology*.

Paläozeanographische Untersuchungen basieren auf dem genauen Wissen von Kalzifizierungstiefen der zu untersuchenden planktisch lebenden Foraminiferenarten. Diese Arbeit befasst sich mit der Proxygenerierung fünf planktischer Foraminiferen im Westpazifischen Warmwasserpool. Anhand planktischer Proxydaten ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, Mg/Ca) zur Temperatur- und Nährstoffkonzentrationen konnten die Habitattiefen unterschiedlicher planktischer Foraminiferen abgeleitet werden. Hierfür wurden Rezentfänge mit dem Multinetz durchgeführt, die heutigen geochemischen Signaturen der rezenten Planktonforaminiferen gemessen und den heutigen Wassermassensignaturen zugeordnet. Die Habitatabschätzungen verdeutlichen, dass *G. ruber* am oberflächennahsten vorkommt, dicht gefolgt von *G. sacculifer*, *N. dutertrei*, *P. obliquiloculata* und *G. hexagonus* als tiefebenste Art. Die Profilierung zeigt größenabhängige, spezies-spezifische $\delta^{13}\text{C}$ Abweichungen, die wahrscheinlich auf ontogenetische und photosymbiotische Effekte zurückzuführen sind. Trotz der isotopischen Variabilität stellte sich die tiefelebende Foraminifere *G. hexagonus* als ein verlässlicher Proxy zur Rekonstruktion von Nährstoffkonzentrationen im subthermoklinen Bereich (200-400 m Wassertiefe) heraus.

II.1.2. Ausbildungs- und Qualifizierungsarbeiten

Im Rahmen von SO-225 MANIHIKI II werden zwei Doktorarbeiten angefertigt. Die Arbeit von M.Sc. Roman Golowin (Betreuer: K. Hoernle, GEOMAR) befasst sich schwerpunktmäßig mit dem Ursprung und der Entwicklung der Magmen, die das Basement des Manihiki-Plateaus bildeten. Die Doktorarbeit von M.Sc. Nadine Rippert (Betreuer R. Tiedemann, AWI und D. Nürnberg, GEOMAR) erarbeitet mittels geochemischer Proxyparameter Signaturen der Zwischenwassermassen, um Prozesse der Wassermassenventilation zu rekonstruieren und um Hypothesen zum „Ozeantunnel“ zu untermauern. Beide Arbeiten werden zeitnah abgeschlossen. Die aus diesen Arbeiten resultierenden Ergebnisse werden in zwei Manuskripten (im Anhang als Teil des Erfolgskontrollberichtes) sowie im AWI-Abschlussbericht dargestellt. Dem Projektangestellten Dr. Jacek Raddatz wurde im Rahmen einer Postdoc-Stelle die Möglichkeit der Weiterqualifikation geboten. Dies war sehr erfolgreich und resultierte inzwischen in einer Anstellung auf einer Habilitationsstelle an der Universität Frankfurt. Ein Erstautoren-Manuskript von Herrn Raddatz ist dem Erfolgskontrollbericht beigelegt. Des Weiteren wurden mehrere Studenten/innen auf der Ausfahrt SO-225 in den Bereichen Bathymetrie, Sedimentecholotprofilierung sowie Gesteins- und Sedimentbeobachtung ausgebildet.

II.1.3. Weitere Ergebnisse

An einigen Teilaspekten der Daten wird noch gearbeitet, weitere Publikationen sind in Vorbereitung. Einige Ergebnisse von SO-225 MANIHIKI II, die nicht in den beiliegenden Manuskripten publiziert werden, sind in Abschnitt 2 des Erfolgskontrollberichts zusammengefasst.

II.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigsten Positionen waren (A) fahrtbezogenes und allgemeines Verbrauchsmaterial, (B) die TvöD-Stellen für Dr. Maxim Portnyagin (AG Hoernle/GEOMAR), Dr. Jacek Raddatz (AG Nürnberg/GEOMAR) und M.Sc. Roman Golowin (AG Hoernle/GEOMAR), (C) studentische Hilfskräfte, (D) Reisekosten sowie sonstige unmittelbare Vorhabenskosten wie (E) die Vergabe von Aufträgen und (F) Transportkosten.

(A) Position 0813 Material: Die dem GEOMAR bewilligten Mittel wurden entsprechend dem Antrag für allgemeines Laborverbrauchs- und Verschleißmaterial verwendet, das für expeditionsbezogene Arbeiten auf dem Schiff, die allgemeine Gesteins- und Sedimentaufbereitung sowie für vorbereitende Maßnahmen für die eigentliche geochemische und geochronologische Analytik benötigt wurde.

(B) Position 0831 Gehälter: Die bewilligten Mittel für Wissenschaftler wurden entsprechend dem Antrag verwendet. Ohne die Mitarbeit der wissenschaftlichen Mitarbeiter/innen wäre das Vorhaben nicht durchführbar gewesen. Alle im Projekt am GEOMAR angestellten Mitarbeiter haben an der Ausfahrt SO-225 teilgenommen sowie an deren Vor- und Nachbereitung mitgewirkt. Herr Dr. Portnyagin hat darüber hinaus die Schichtleitung bei der Gesteinsbeprobung übernommen. Im weiteren Projektverlauf haben Herr Dr. Portnyagin und Herr Golowin bei der Aufbereitung der Gesteinsproben für die verschiedenen Analysemethoden, bei der Analytik und bei der Auswertung, Interpretation, Modellierung und Synthese der Daten sowie bei der Abfassung von Berichten und Publikationen intensiv mitgewirkt. Herr Dr. Portnyagin hat sich mit der Weiterentwicklung analytischer Methoden befasst und die Projektleitung bei der Koordination des Vorhabens unterstützt. In der Paläozeanographie unterstützte Herr Dr. Raddatz die Projektleitung bei der Koordination der am AWI und am GEOMAR ansässigen paläozeanographischen Projektteile. Er hat u.a. aufwendige Reinigungsprozeduren der Foraminiferengehäuse sowie Isotopen- und Mg/Ca-Analysen an einer großen Anzahl von Proben vorbereitet und das technische Laborpersonal instruiert. Ein wichtiger Aspekt seiner Arbeiten betraf die Erstellung der Chronostratigraphien der Sedimentkerne sowie der Erstellung weiterer sedimentologischer und geochemischer Datenserien. Er hat gleichermaßen bei der Synthese der Daten sowie bei der Abfassung von Berichten und Publikationen mitgewirkt. Alle im Projekt angestellten Mitarbeiter haben somit wesentlich zum erfolgreichen Abschluss von SO-225 MANIHIKI II beigetragen.

(C) Position 0832 Löhne: Die bewilligten Mittel für studentische Hilfskräfte wurden entsprechend dem Antrag verwendet. Als studentische Hilfskräfte waren Frau Maria Anders, Frau Anne Peukert, Frau Franziska Miltizki, Frau Marlies Brandt, Frau Jill Peikert, Frau Lisa Griem und Herr Julian Schukies im Projekt angestellt. Die studentischen Hilfskräfte haben zum Teil an der SO-225 Ausfahrt teilgenommen und dort bei der Probennahme, -evaluierung und -dokumentation geholfen sowie bei der Vor- und Nachbereitung der Ausfahrt mitgearbeitet. Im weiteren Verlauf des Projektes haben sie in erster Linie bei der Aufbereitung der Proben mitgewirkt. Sie haben somit die wissenschaftlichen Mitarbeiter wesentlich unterstützt und damit zum Erfolg des Vorhabens beigetragen.

(D) Position 0838 Reisekosten: Die bewilligten Mittel wurden wie beantragt für Dienstreisen der Projektmitarbeiter im In- und Ausland verwendet. Dazu zählen die An- und Abreise zur Expedition SO-225 sowie die Teilnahme an Tagungen im Inland (u.a. Sonne-Statusseminar) und Ausland (AGU Herbsttagung).

(E) Position 0855 sonstige unmittelbare Vorhabenskosten/Reisen: Im Projektteil Vulkanologie/magmatische Geochemie wurden neben der Anfertigung von Gesteinsdünnschliffen vor allem analytische Arbeiten als Auftrag an Dritte vergeben. Dazu zählen Haupt- und Spurenelementanalytik an Gesamtgesteinen (Röntgenfluoreszenzanalytik, ICP-MS) sowie Spurenelement-, Sauerstoffisotopen- und Volatilanalytik an Mineralen und Gläsern (LA-ICP-MS, O-Massenspektroskopie, Ionensonde). Die Anfertigung von Dünnschliffen und die Auftragsanalytik war, wie im Projektantrag und in den Abschnitten I.3 und II.1 dieses Berichts dargestellt, grundlegend für den erfolgreichen Abschluss des Vorhabens. Die für den Projektteil "Paläozeanographie" bewilligten Mittel wurden wie beantragt für die Kostenbegleichung eines Gerätetechnikers der Servicefirma „Kawohl Marinetechnik“ verwendet, die während der SO-225 Expedition für Bedienung, Wartung und Einsatz des Kolbenlotes zuständig war. Zudem wurden die Mittel für die Anmietung eines Werkstattcontainers während der Expedition verwendet, der für den problemlosen Einsatz der geologischen Probenahmegeräte notwendig ist.

(F) Position 0855 sonstige unmittelbare Vorhabenskosten/Transporte: Transportkosten wurden wie beantragt und bewilligt für den Hin- und Rücktransport von 9 Containern (fünf Container für

das ROV Kiel 6000, ein Kolbenlot-Werkstattcontainer, zwei Laborausstattungscontainer, ein Kühlcontainer) für die SO-225 Expedition verwendet.

II.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die wichtigsten Arbeitsschritte (neben Nachwuchsförderung etc.) waren die (1) Literaturarbeiten; (2) Probennahme; (3) Evaluierung, Auswahl und Aufbereitung der Proben; (4) umfangreiche analytische Arbeiten; (5) Evaluierung, Auswertung und Synthese der dabei anfallenden Daten sowie Synthese dieser Daten mit denen früherer Ausfahrten und (6) die Präsentation der Ergebnisse auf Tagungen, in Berichten und wissenschaftlichen Publikationen. Diese Arbeiten wurden von den Antragstellern und ihren Arbeitsgruppen, den im Projekt angestellten Mitarbeitern (Dr. Portnyagin, Dr. Raddatz, Golowin, Rippert) und Studenten/innen in Zusammenarbeit mit unseren Kooperationspartnern und Auftragnehmern geleistet und waren notwendig, um SO-225 MANIHIKI II erfolgreich abzuschließen. Alle diese Arbeiten führten zu Ergebnissen, die wiederum zum erfolgreichen Abschluss von SO-225 MANIHIKI II beitrugen, und waren somit angemessen. Einige Arbeitsschritte von besonderer Notwendigkeit sind im Folgenden kurz dargestellt:

Im Projektteil **Vulkanologie/Magmatische Geochemie** wurden in der Auswertephase zunächst Dünnschliffe von nahezu allen während SO-225 gewonnenen Proben angefertigt und mikroskopiert. Die Anfertigung der Dünnschliffe und die Mikroskopie waren unbedingt notwendig, da sie nicht nur zur Bestimmung von Mineralbestand und der petrographischen Charakteristika der Proben diente, sondern auch um zu evaluieren, welche Proben für die verschiedenen Analysemethoden geeignet sind.

Haupt- und Spurenelementdaten (RFA, ICP-MS) in Kombination mit mineralogischen Daten (Mikroskopie, EMS) dienten der Charakterisierung von Schmelz- und Fraktionierungsprozessen und -tiefen sowie des Aufschmelzungsgrades. Quellen, die bei der Bildung des Manihikiplateau-Basements eine Rolle gespielt haben und Mischungen zwischen diesen Quellen wurden mittels der Analytik inkompatibler Spurenelemente und von Sr-Nd-Pb-Isotopenverhältnissen (TIMS bzw. Multikollektor-ICPMS) rekonstruiert. Immobile inkompatible Spurenelemente wie Nd oder Hf und deren Isotope lieferten uns hierzu auch dann Informationen, wenn von einigen Lokalitäten nur stark alterierte Gesteine gewonnen wurden. Die Mikrosonden- und Ionensondenanalytik an frischen Gläsern und Glaseinschlüssen erlaubte die Bestimmung der Volatilgehalte der Magmen. Anhand von Sauerstoffisotopenanalysen an Proben, die frische Olivine und Gläser enthielten, konnte evaluiert werden, ob krustales Material in der Magmenquelle eine Rolle gespielt hat. Durch $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Laserdattierungen an Kristallen, Gläsern und Matrixseparaten werden die Alter der verschiedenen beprobten Einheiten des Plateaubasements bestimmt, um z.B. den zeitlichen Ablauf der Bildung des Plateaubasements zu rekonstruieren. Insgesamt lieferte die geochemische und geochronologische Analytik der Hartgesteinsproben (neben der Probennahme) den Großteil der für den erfolgreichen Abschluss der vulkanologisch-geochemischen Untersuchungen erforderlichen Daten bzw. Informationen und war somit sowohl angemessen als auch zwingend notwendig.

Die SO-225-Auswertearbeiten im Rahmen des Projektteils **Paläozeanographie** von MANIHIKI II wurden ebenfalls ziel- und erfolgsorientiert durchgeführt. Bei den zur Anwendung gekommenen Methoden zur Gewinnung großer paläozeanographischer Proxy-Datenserien handelte es sich überwiegend um geochemische Ansätze, die sich ergänzten und zu wichtigen neuen Erkenntnissen geführt haben. Insofern war unser methodischer Ansatz notwendig, angemessen und gerechtfertigt.

Die Etablierung einer zeitlich hochauflösenden Chronostratigraphie war für das Erreichen unserer wissenschaftlichen Ziele von erster Priorität. Nur mittels einer Kombination unterschiedlichster stratigraphischer Methoden konnten die Altersmodelle erstellt werden, wobei dieser Arbeitsschritt noch nicht endgültig abgeschlossen ist. Die mit Radiocarbonatierungen untermauerte Sauerstoffisotopenstratigraphie wurde mit Kernkorrelationen kombiniert, die über hochauflösenden geochemische XRF-Scanner und Minolta Sedimenthelligkeitsdatensätze erfolgte. Für die von uns bearbeiteten Sedimentkerne liegen inzwischen Stratigraphien vor, die es erlauben, unsere äquatorialen W-pazifischen Klimarekonstruktionen untereinander und mit anderen marinen Datenserien mit hoher Genauigkeit abzugleichen.

Ein wichtiges Ziel unserer Arbeiten war die Bestimmung der Meeresoberflächen- und oberflächennahen Temperaturen im Arbeitsgebiet über pleistozäne Zeiträume. Die systematische Durchführung von Mg/Ca-basierten Paläotemperaturmethoden an unterschiedlichen planktonischen Foraminiferenarten erlaubten nicht nur die Rekonstruktion der Oberflächentemperaturen, sondern auch der oberflächennahen Temperaturen bis in ~400 m Wassertiefe. Damit können wir die Variationen der Thermoklintiefe über die Zeit rekonstruieren und Aussagen zur Wassermassenstratifizierung machen. Zusätzlich wurden aus der Kombination von Biogencalzit- $\delta^{18}\text{O}$ und -Mg/Ca Aussagen zum Paläo- $\delta^{18}\text{O}$ des Meerwassers möglich, ein wichtiger Parameter zur Approximierung der ozeanischen Salzgehalte.

II.4. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit

Durch den erfolgreichen Verlauf des Forschungsvorhabens SO-225 MANIHIKI II haben wir neue Erkenntnisse über den Ursprung und die Entwicklung von ozeanischen Flutbasaltprovinzen sowie über die Dynamik und Entwicklung des Westpazifischen Warmwasserpools im Pleistozän und Steuerungsmechanismen durch den Südozean („ocean tunnel“-Hypothese) gewonnen. Diese Themen besitzen in der geowissenschaftlichen Grundlagenforschung eine hohe Priorität (Integrated Ocean Drilling Programm IODP, International Geosphere Biosphere Project PAGES etc.). Die Ergebnisse aus SO-225 MANIHIKI II werden zeitnah in der internationalen Fachliteratur publiziert und damit allgemein zugänglich gemacht. Weiterhin wurden Daten und Ergebnisse, soweit sinnvoll (Bathymetrie, PARASOUND, DSHIP, Stationsdaten etc.), an internationale Datenbanken transferiert (z.B. BSH, PANGAEA, OSIS Kiel). Sediment- und Gesteinsproben, Separate, Gesteinspulver etc. werden im Zentralen Probenlager des GEOMAR archiviert und können zukünftig über OSIS recherchiert werden. Zusätzlich wurden Datensätze den Anrainerstaaten (Cook Inseln) zur Verfügung gestellt werden. Dort fließen die Daten in die Vorbereitung des Claims der Cook Islands im Rahmen des ‚Law of the Sea‘ (UNCLOS) ein und können weiterhin dazu beitragen, die Voraussetzungen für die Nutzung der Meeresressourcen und die Bekämpfung der marinen Umweltprobleme in diesem Bereich zu verbessern. Ferner wurden die während SO-225 aufgezeichneten bathymetrischen Daten in ein Papier zu aktuellen Fragen der Seerechtskonvention (auch hier bzgl. Claim Cook Islands) für zuständige Prüfungsgruppe der Vereinten Nationen integriert.

Vulkanologie/magmatische Geochemie

Durch die Analyse der während SO-225 gewonnenen Gesteinsproben und die Auswertung der dabei generierten Daten wurden neue Erkenntnisse über Magmenquellen und die kompositionelle Entwicklung des Basements des Manihiki-Plateaus, einer ozeanischen Flutbasaltprovinz, gewonnen. Die Erforschung von Flutbasaltprovinzen hat in der geowissenschaftlichen Grundlagenforschung eine hohe Priorität, besitzt aber auch umwelt- und gesellschaftspolitische sowie wirtschaftliche Relevanz. Die hier zu untersuchten Prozesse haben z.B. einen erheblichen Einfluss auf chemische und physikalische Eigenschaften des Meerwassers oder das Klima. Um diese Zusammenhänge und deren Bedeutung und Folgen für die Umwelt besser zu erfassen, ist die Kenntnis der zugrundeliegenden geologischen Prozesse essentiell. Auch hat dieses Forschungsvorhaben neue Erkenntnisse über Schmelzprozesse, die zu einer Anreicherung von Edelmetallen (z.B. Au, Ag) in ozeanischen Laven (z.B. "low-Ti"-Laven des Manihiki-Plateaus) führen, erbracht. Insgesamt sind somit aus diesem Arbeiten mittel- und langfristig verschiedene potentielle Nutzungen zu erwarten. Es kann z.B. eine wichtige Grundlage für weiterführende wissenschaftliche, aber auch umweltpolitische oder wirtschaftliche Programme sein. Die Daten und Ergebnisse können z.B. zu den aktuellen Fragen der Seerechtskonvention, für die zukünftige Abschätzung mineralischer Rohstoffe, der nachhaltigen Entwicklung beim marinen Management sowie für Risikoanalysen (Vulkanismus, Erdbeben) von den dafür zuständigen nationalen und internationalen Stellen genutzt werden. Wissenschaftlich haben sich intensivere Kooperationen mit nationalen und internationalen Institutionen ergeben, die im Rahmen zukünftiger Projekte fortgesetzt und weiter ausgebaut werden sollen. Dies betrifft u.a. unsere langjährige Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern vom AWI in Bremerhaven sowie aus den U.S.A., Australien und Japan. Auch können aus dem

Vorhaben Kooperationen mit der Wirtschaft (Exploration auf Rohstoffe, Risikoabschätzungen durch Versicherungsgesellschaften) hervorgehen. Die Veröffentlichung der Ergebnisse in der Fachliteratur hat zudem auch einen Werbeeffect für die deutsche Meeresforschung, aus dem Nachfrage nach Expertise, Verfahren und Instrumenten erwachsen mag.

Paläozeanographie

Mit der durch die MANIHIK II-Expedition SO-225 gewonnenen Sedimentkerne wurden umfangreiche Datensätze zur Rekonstruktion der pleistozänen atmosphärisch-ozeanischen Zirkulationsmuster im WPWP gewonnen, um das Verständnis über die Veränderlichkeit der komplexen Beziehungen zwischen Atmosphäre, Ozean und Biosphäre für eine bislang nur kaum untersuchte Region zu ergänzen. Diese Region ist derzeit von starken Umweltveränderungen infolge des globalen Klimawandels betroffen, mit weitreichenden Folgeerscheinungen. Die Mechanismen und Schwellenwerte, die mit der natürlichen Klimavariabilität in WPWP verbunden sind, müssen entsprechend bekannt sein, um zu einer verbesserten Einschätzung des anthropogen verursachten Klimawandels kommen zu können. MANIHIKI II folgt dem Aufruf des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft (BMBF) in Regionen vorzustoßen, die bislang nur wenig untersucht sind, aber wesentlich zum Verständnis der Klimaentwicklung auf kurzen und langen Zeitskalen beitragen. MANIHIKI II hat damit direkten Bezug zum nationalen Klimaprogramm der Bundesregierung und international zu Programmen, in denen Prozesse der globalen Klimaveränderungen und deren Folgen im Vordergrund stehen (z.B. International Geosphere Biosphere Project: PAGES; 7. Rahmenprogramm der EU; BMBF-Sonderprogramm Geotechnologien; Integrated Ocean Drilling Program, IODP). Die Untersuchungen in der Wassersäule stehen außerdem im Zusammenhang mit dem internationalen GEOTRACES Programm ein, das eine globale Erfassung der Verteilung von Spurenmetallen und deren Isotope im Ozean zum Ziel hat. Letztendlich wird unser Vorhaben mit hochrangigen nationalen Partnerinstituten (u.a. AWI, GFZ Potsdam) durchgeführt. Unsere Daten und Interpretationen zu Paläozeanographie, Paläoumwelt und Paläoklima können nachfolgend von nationalen bzw. internationalen Wirtschafts- und Forschungseinrichtungen als auch politisch Verantwortlichen für weiterführende Studien zu Themen wie nachhaltiges Erdmanagement, Funktionsweise von Klimamechanismen, und zukünftige Klimafolgen-Risikoabschätzung genutzt werden.

II.5. Fortschritt bei anderen Stellen

Die bathymetrischen und geophysikalischen Arbeiten im Rahmen des von Dr. G. Uenzelmann-Neben und Dr. K. Gohl (AWI) geleiteten Projektes SO-224 MANIHIKI II Leg 1 haben nicht nur grundlegende Informationen für die Reise SO-225 geliefert, sondern vor allem auch neue Erkenntnisse zum Aufbau, zur Struktur und zur Entwicklung der magmatischen Einheiten des Plateaus und der darauf abgelagerten Sedimentabfolgen erbracht (s. Abschlussbericht SO-224 MANIHIKI II). Diese Ergebnisse fließen in unsere Untersuchungen mit ein.

Die am GEOMAR durchgeführten Auswertungen an ausgewählten Sedimentkernen der SO-213-Reise (BMBF-Verbundprojekt SOPATRA, Antragsteller Tiedemann/Nürnberg) wurden mit den MANIHIKI II-Ergebnissen in Verbindung gebracht und erlauben erstmalig, die Gleichzeitigkeit von Subduktionsprozessen südozeanischer Oberflächenwassermassen und Veränderungen der tropischen Thermokline im WPWP aufzuzeigen, um damit die Ozeantunnel-Hypothese zu untermauern.

Die weiteren Fortschritte bei anderen Stellen sind unter Abschnitt II.1. "Darstellung der Ergebnisse" bzw. im Erfolgskontrollbericht zusammengefasst.

II.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Artikel (peer-reviewed)

Golowin R, Hoernle K, Portnyagin M, Gurenko A, Hauff F, Garbe-Schönberg D, Werner R (in Vorb.) Multi-stage melting to form the Manihiki Plateau. *Geology*.

Golowin R, Portnyagin, M, Hoernle, K, Garbe-Schönberg, D, Werner R (in Vorb.) Petrology of boninite-like low-Ti Lavas from the Manihiki Plateau: Implications for second-stage melting of depleted mantle in an intra-plate setting. *Earth Planetary Science Letters*.

- Max L, Rippert N, Lembke-Jene L, Tiedemann R, Cacho I, Mackensen A, Nürnberg D (in Vorbereitung) Enhanced Glacial North Pacific ventilation promoted low latitude biological productivity. *Nature Geoscience* (s. *Abschlussbericht AWI / Prof. Tiedemann*)
- Portnyagin M, Garbe-Schönberg D, Almeev R, Golowin R, Hoernle K, Kamenetsky V, Migdisova N, Saveliev D, Shishkina T, Suschevskaya N, Timm C, Werner R (in Vorb.) Mantle melting controls of Au-Ag-Cu systematics in Earth magmas. *Nature Geoscience*.
- Raddatz J, Nürnberg D, Tiedemann R (eingereicht) Pleistocene sea surface and thermocline dynamics of the SE Western Pacific Warm Pool. *Earth and Planetary Science Letters*.
- Rippert N, Tiedemann R, Raddatz R, Hathorne E, Nürnberg N, Bijma J (in Vorbereitung) Constraining the habitat depth of planktonic foraminifera: implications from stable isotope composition and Mg/Ca ratio from the West-Pacific Warmpool. *Marine Micropaleontology*.

Es sind weitere Publikationen über die im Erfolgskontrollbericht kurz zusammengefassten Ergebnisse in Vorbereitung.

Vorträge und Poster auf Tagungen

- Golowin R, Hoernle K, Portnyagin M, Hauff F, Gurenko A, Garbe-Schönberg D, Werner R (2014) Mantle in the Manihiki Plateau source with ultra-depleted incompatible element abundances but FOZO-like isotopic signature. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 15-19, Eos Trans AGU, Fall Meet Suppl, Vortrag.
- Golowin R, Hoernle K, Portnyagin M, Hauff F, Gurenko A, Garbe-Schönberg D, Werner R, Turner (2015) Ursprung von boninitischen Basement-Laven vom Manihiki Plateau, West-Pazifik (SO-225 MANIHICI II). Tagungsband Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE Statusseminar, 12-13 Februar, Bremen: 90-94, Vortrag
- Grevemeyer I, Watts AB, Peirce C, Hoernle K, Werner R (2013) Eruptionsdynamik des submarinen Inselbogen-Vulkans Monowai: Ergebnisse von SO138, SO192-2, SO215 und SO225. Tagungsband Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE Statusseminar, 14-15 Februar, Kiel: 109-111, Vortrag.
- Nürnberg D, Raddatz J, Schilling N, Tiedemann R (2013) Cenozoic evolution and dynamics of the West Pacific Warmpool and the impact of the southern Ocean via ocean tunnels. In: Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE 2013, 13.-15.02.2013, Kiel, Poster.
- Raddatz J, Nürnberg D, Rippert N, Tiedemann R (2014) Pleistocene dynamics of the Pacific South Equatorial Countercurrent In: AGU Fall Meeting 2014, 15.-19.12.2014, San Francisco, California, USA, Poster.
- Raddatz J, Nürnberg D, Rippert N, Tiedemann R (2015) Pleistocene dynamics of the Pacific South Equatorial Countercurrent In: Statusseminar Meeresforschung mit FS Sonne 2015, 12.-13.02.2015, Bremen, Poster.
- Rippert N, Bijma J, Mackensen A, Tiedemann R (2014) *Modern stable isotope composition and apparent calcification depth of planktonic foraminifera in the Western Pacific Warm Pool* In: The Urbino Summer School in Paleoclimatology 2014, 09.-25.07.2014, Urbino, Italien, Poster.
- Rippert N, Bijma J, Mackensen A, Tiedemann R (2014) *Modern stable isotope composition and apparent calcification depth of planktonic foraminifera in the Western Pacific Warm Pool* In: The Micropalaeontological Society- Foraminifera and Nannofossil Groups Joint Meeting 2014, 22.-25.06.2014, Texel, Niederlande, Poster.
- Rippert N, Raddatz J, Nürnberg D, Tiedemann R, Hathorne E (2015) SO225 Manihiki II – Plio/Pleistozäne Dynamik des Westpazifischen Warmwasserspeichers. Tagungsband Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE Statusseminar, 12-13 Februar, Bremen: 95-99, Vortrag.
- Portnyagin MV, Golowin R, Garbe-Schönberg D, Hoernle K, Werner R, Hauff F (2015) Gold-rich Manihiki magmas: A high precision LA-ICP-MS study of glasses obtained during SO-193 and SO-225 expeditions. Tagungsband Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE Statusseminar, 12-13 Februar, Bremen: 205-208, Poster
- Schaefer BF, Hoernle K, Parkinson IJ, Golowin R, Portnyagin M, Turner SP, Werner R (angenommen) Os isotope evidence for a heterogeneous source for the world's largest Phanerozoic volcanic event. Goldschmidt conference, 16-21 August 2015, Prag, Vortrag.
- Werner R, Uenzelmann-Neben G, Nürnberg D, Hoernle K, Gohl K, Tiedemann R, Hauff F, Portnyagin M und die SO-224 und SO-225 Fahrtteilnehmer (2013) Hintergrund und erste Ergebnisse von SO-224 und SO-225 (MANIHICI II): Das Manihiki-Plateau - Entstehung, Aufbau und Auswirkungen ozeanischer Plateaus und pleistozäne Dynamik des westpazifischen Warmwasserpools. Tagungsband Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE Statusseminar, 14-15 Februar, Kiel: 254-257, Poster.

Weitere Publikationen.

Berichte

Werner R, Nürnberg N, Hauff F (eds) (2013) RV Sonne Fahrtbericht / Cruise Report SO225 MANIHIKI II Leg 2: The Manihiki Plateau - Origin, Structure, and Effects of Oceanic Plateaus and Pleistocene Dynamic of the West Pacific Warm Water Pool, Suva/Fiji - Auckland/New Zealand 19.11.2012 - 06.01.2013. GEOMAR Report no. 6: 76 pp + App.

Öffentlichkeitsarbeit/Presse

Es wurden vom GEOMAR mehrere Pressemitteilungen zum Hintergrund, Zielen und Verlauf von SO-225 MANIHIKI II herausgegeben. Daraus resultierten Zeitungsartikel z.B. in den Kieler Nachrichten, Radiobeiträge z.B. bei NDR 1 Welle Nord sowie kurze Fernsehbeiträge zur Monowai-Eruption im NDR und ZDF. Ferner wurde ein Artikel über SO-225 MANIHIKI II in den "GEOMAR NEWS" publiziert und ein längerer Bericht über Hintergrund und Verlauf des Projektes für "GEOMAR TV" produziert.

Danksagung

Wir danken dem BMBF für die gewährte Unterstützung und dem Projektträger PtJ-Warnemünde für die unbürokratische administrative Abwicklung. Unser besonderer Dank gilt Kapitän Mallon sowie der Besatzung des FS SONNE für ihre harte Arbeit, Professionalität, große Erfahrung, stete Hilfsbereitschaft und die sehr angenehme Arbeitsatmosphäre an Bord. Dies alles hat wesentlich dazu beigetragen, dass trotz des Verlustes mehrerer Arbeitstage durch unglückliche Umstände außerhalb unserer Kontrolle die Reise SO-225 doch noch erfolgreich verlief. Besonders dankbar sind wir Kapitän und Mannschaft für den großartigen Einsatz bei der Umrüstung auf Dredgebetrieb, nachdem das ROV nicht mehr eingesetzt werden konnte. Dies hat sichergestellt, dass die Gesteinsbeprobung trotzdem erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Dem ROV-Team des GEOMAR danken wir für sein sehr großes Engagement, das es uns ermöglichte, zumindest einige Tauchgänge erfolgreich durchzuführen.

Den zuständigen Stellen der Cook Islands danken wir für die Erteilung der Forschungsgenehmigung in ihren Hoheitsgewässern und dem Auswärtigen Amt und der deutschen Botschaft für ihre Unterstützung in dieser Sache.

G. Uenzelmann-Neben, K. Gohl, D. Damaske und M. Coffin haben uns bathymetrische und PARASOUND-Daten, Karten, seismische Daten und Profile sowie viele weitere wertvolle Informationen für SO-225 MANIHIKI II zur Verfügung gestellt, die eine wichtige Grundlage für die Probenahme bildeten. Silke Hauff, Karin Junge, Ulrike Westernströer, Jan Sticklus und Mario Thöner danken wir für die Hilfe bei den analytischen Arbeiten. Dem Kolbenlottechniker Herrn Helmut Kawohl von Kawohl Marintechnik (Uetze) danken wir für seine unerschütterliche Präsenz, hoch-professionelle Tätigkeit und seinen unglaublichen Einsatz.

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1: Bescheinigungen BSH und Pangaea
- Anlage 2: Erfolgskontrollbericht (vertraulich)