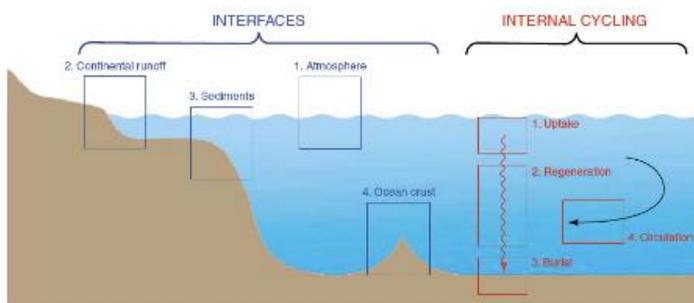


Forschungsschiff

SONNE

Reisen Nr. SO298 - SO299

14. 04. 2023 - 29. 07. 2023

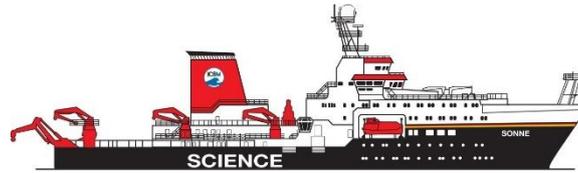


**Biogeochemie von Spurenmetallen und deren Isotopen im
äquatorialen Pazifik, GEOTRACES-GP11**

**Rifting von Inselbögen, Metallogenese und Entstehung von Mikroplatten: Eine
integrierte geodynamische, magmatische und hydrothermale Studie des
Bismarck-Archipels, Papua-Neuguinea, geoDYNAMik & METAllogenie,
DYNAMET**

Herausgeber
Institut für Geologie Universität Hamburg
Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
<http://www.ldf.uni-hamburg.de>

Gefördert durch
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
ISSN 2364-3692

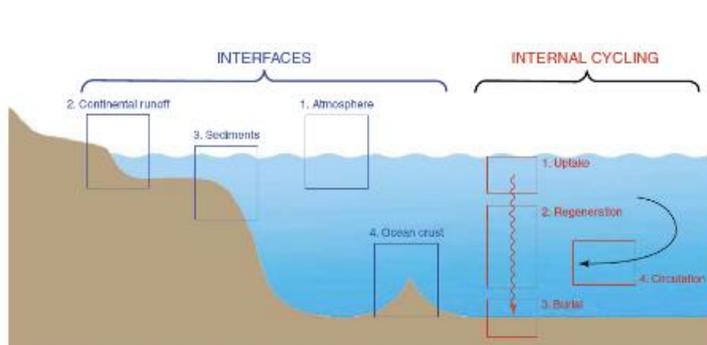


Forschungsschiff / *Research Vessel*

SONNE

Reise Nr. / *Cruise No.* SO298 - SO299

14. 04. 2023 - 29. 07. 2023



Biogeochemie von Spurenmetallen und deren Isotopen im äquatorialen Pazifik, GEOTRACES-GP11

Biogeochemistry of trace metals and their isotopes in the equatorial Pacific Ocean, GEOTRACES-GP11

Rifting von Inselbögen, Metallogenese und Entstehung von Mikroplatten: Eine integrierte geodynamische, magmatische und hydrothermale Studie des Bismarck-Archipels, Papua-Neuguinea, geODYNAMik & METAllogenie, DYNAMET

Arc Rifting, metallogeny and microplate evolution: An integrated geodynammic, magmatic and hydrothermal study of the Bismarck Archipelago, Papua New Guinea, geODYNAMics & METAllogeny, DYNAMET

Herausgeber / *Editor:*
 Institut für Geologie Universität Hamburg
 Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
<http://www.ldf.uni-hamburg.de>

Gefördert durch / *Sponsored by:*
 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 ISSN 2364-3692

Anschriften / *Addresses*

Prof. Dr. Eric Achterberg
GEOMAR - Helmholtz-Zentrum
für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstraße 1-3
D-24148 Kiel

Telefon: +49 431 600 1290
Telefax: +49 431 600 131290
e-mail: eachterberg@geomar.de
http: www.geomar.de

Dr. Philipp A. Brandl
GEOMAR Helmholtz-Zentrum
für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

Telefon: +49 431 600-1433
E-Mail: pbrandl@geomar.de
http: www.geomar.de

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
Institut für Geologie
Universität Hamburg
Bundesstr. 55
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 42838-3640
Telefax: +49 40 4273-10063
E-Mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de
http: www.ldf.uni-hamburg.de

Reederei Briese
Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG
Research | Forschungsschifffahrt
Hafenstr. 12 (Haus Singapore)
D-26789 Leer

Telefon: +49 491 92520 160
Telefax +49 491 92520 169
E-Mail: research@briese.de
http: www.briese.de

Projektträger Jülich
System Erde - Meeresforschung
Schweriner Straße 44
D-18069 Rostock

Telefon: +49-381 20356-291
E-Mail: ptj-mgs@fz-juelich.de
http: www.ptj.de/rostock

GPF-Geschäftsstelle
Gutachterpanel Forschungsschiffe (GPF)
c/o Deutsche Forschungsgemeinschaft
Kennedyallee 40
D-53175 Bonn

E-Mail: gpf@dfg.de

Forschungsschiff / *Research Vessel* SONNE

Vessel's general email address

sonne@sonne.briese-research.de

Crew's direct email address

n.name@sonne.briese-research.de

Scientific general email address

chiefscientist@sonne.briese-research.de

Scientific direct email address

n.name@sonne.briese-research.de

Each cruise participant will receive an e-mail address composed of the first letter of his first name and the full last name.

Günther Tietjen, for example, will receive the address:

g.tietjen@sonne.briese-research.de

Notation on VSAT service availability will be done by ship's management team / system operator.

- Data exchange ship/shore : on VSAT continuously / none VSAT every 15 minutes
- Maximum attachment size: on VSAT no limits / none VSAT 50 kB, extendable on request
- The system operator on board is responsible for the administration of all email addresses

Phone Bridge

VSAT	+47 224 09509
FBB 500 (Backup)	+870 773 925 590
GSM-mobile (in port only)	+49 171 410 297 7

SONNE Reisen / SONNE Cruises SO298 - SO299

14. 04. 2023 - 29. 07. 2023

**Biogeochemie von Spurenmetallen und deren Isotopen im
äquatorialen Pazifik. GEOTRACES-GP11**

*Biogeochemistry of trace metals and their isotopes in the
equatorial Pacific Ocean, GEOTRACES-GP11*

***Rifting von Inselbögen, Metallogene und Entstehung von Mikroplatten: Eine integrierte
geodynamische, magmatische und hydrothermale Studie des Bismarck-Archipels,
Papua-Neuguinea, geoDYNAMik & METallogenie, DYNAMET***

*Arc Rifting, metallogeny and microplate evolution: An integrated geodynamic, magmatic and
hydrothermal study of the Bismarck Archipelago, Papua New Guinea,
geoDYNAMics & METallogeny, DYNAMET*

Fahrt / Cruise SO298	14.04.2023 – 02.06.2023 Guayaquil (Ecuador) - Townsville (Australien) Fahrtleitung/ <i>Chief Scientist</i> : Prof. Dr. Eric Achterberg
Fahrt / Cruise SO299	06.06.2023 - 29.07.2023 Townsville (Australien) – Singapur Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Dr. Philipp A. Brandl
Koordination / Coordination	Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe <i>German Research Fleet Coordination Centre</i>
Kapitän / Master SONNE	SO298 Tilo Birnbaum SO299 Tilo Birnbaum

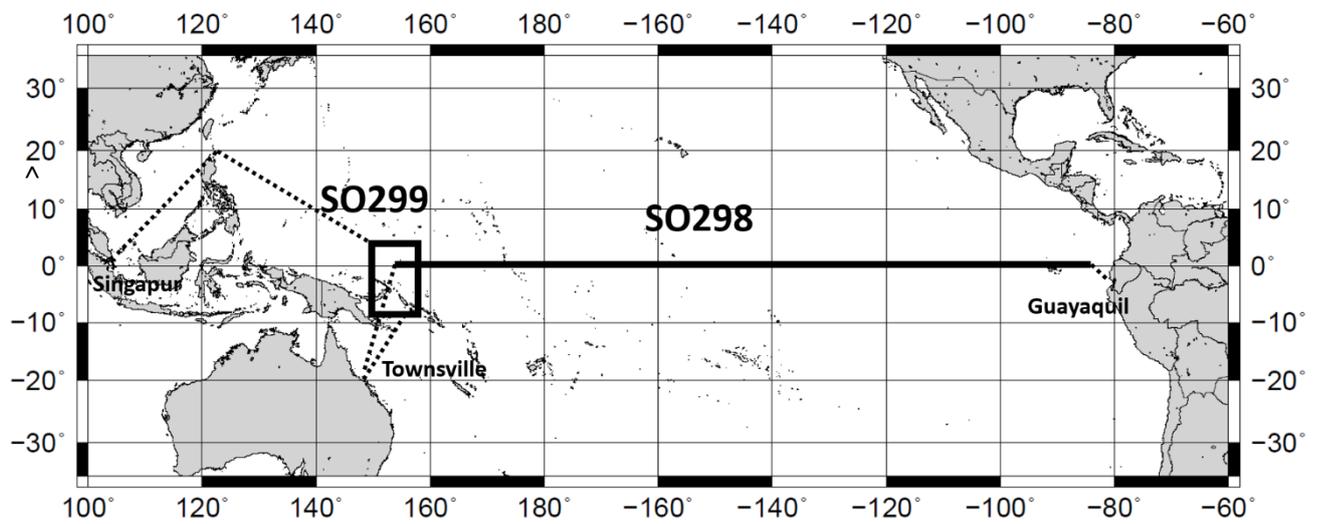


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der SONNE Expeditionen SO298 und SO299

Fig. 1 Planned cruise tracks and working areas of SONNE cruises SO298 and SO299

Übersicht

Fahrt SO298

Im April - Juni 2023 wird eine Forschungsfahrt mit FS SONNE in den äquatorialen pazifischen Ozean (EPO) von Guayaquil (Ecuador) nach Townsville (Australien) mit Fokus auf Spurenmetallbiogeochemie und chemische Ozeanographie, aber auch physikalische und biologisch-ozeanographische Fragestellungen durchgeführt.

Das Forschungsthema der Ausfahrt ist die detaillierte Erfassung der Verteilung und der Quellen und Senken von Spurenelementen und deren Isotopen (TEIs) in der Wassersäule entlang eines zonalen Schnitts in einem der am wenigsten untersuchten Gebiete der Erde.

Ziel ist es, die biogeochemischen Zyklen der TEIs, deren Wechselwirkungen mit der Bioproduktivität des Oberflächenwassers und den Stickstoff- und Kohlenstoffkreisläufen zu untersuchen. Die Ergebnisse werden von globaler Bedeutung für das Verständnis der geochemischen Umweltbedingungen für marine Ökosysteme sein. Es werden die Eintragspfade der TEIs in den EPO von den Ozeanrändern, also der Atmosphäre (ostasiatischer Staub), den Kontinenten (Flüsse auf der Ost- und Westseite des Transekts), den Sedimenten der Kontinentelhänge und der ozeanischen Kruste (Hydrothermalismus) untersucht.

Der TEI-Transport mit Wassermassen in den Südozean soll mit Fokus auf hydrothermal eingetragenen TEIs bestimmt werden. Außerdem soll der nordwärts gerichtete Transport aus dem Südozean in den westlichen EPO untersucht werden, was eine verlässlichere Anwendung bestimmter TEIs als Paläozirkulationsproxies erlauben wird. Die Ausfahrt ist als offizieller Bestandteil in das internationale GEOTRACES-Programm eingebettet.

Synopsis

Cruise SO298

A research cruise with FS SONNE will be conducted in April-June of 2023 in the Equatorial Pacific Ocean (EPO) from Guayaquil (Ecuador) to Townsville (Australia), with a focus on trace element biogeochemistry and chemical oceanography but also including physical and biological oceanographic components.

The research topic of the cruise is to determine in detail the distributions, sources and sinks of trace elements and their isotopes (TEIs) in the water column along a zonal section in one of the least studied ocean regions on earth.

We aim to investigate the biogeochemical cycling of TEIs, and their interactions with surface ocean productivity and the carbon and nitrogen cycles (incl. N_2 fixation) given that some TEIs act as micronutrients. The findings will have global significance for understanding the chemical environment in which ecosystems operate. The supply pathways of TEIs to the EPO from ocean boundaries including the atmosphere (east Asian dust), continents (rivers on east and west side of transect), sediments (on continental shelves/slopes), and ocean crust (hydrothermalism) will be investigated.

The TEI transport within water masses will be determined with a focus on the southward flow of hydrothermally derived TEIs towards the Southern Ocean but also the deep inflow of Southern Ocean waters in the western EPO. The TEI transport assessment along the cruise track will also allow a more reliable use of some TEIs as paleo circulation proxies. The cruise is officially part of the international GEOTRACES programme.

Fahrt SO299

Die Diversität metallischer Vorkommen in der Erdkruste ist eng mit den komplexen geologischen Prozessen an den Plattenrändern verknüpft. An Metallen besonders angereicherter kontinentaler Kruste entsteht entlang der komplexen Subduktionszonen des westlichen Pazifiks. Das Wachstum kontinentaler Kruste und die Bildung metallischer Lagerstätten im östlichen Papua-Neuguinea wird durch die Kollisionen von Kontinenten und Inselbögen der Umkehr von Subduktionszonen und anhaltendem Metasomatismus des Mantelkeils gesteuert, der zum Recycling und einer Anreicherung von Volatilen und Metallen führt. Einige der weltgrößten Kupfer- und Goldlagerstätten haben sich hier innerhalb der letzten 2-3 Mio. Jahre gebildet oder bilden sich bis heute. Bisherige geodynamische Modelle sind jedoch zu großräumig gefasst, um die Verknüpfungen zwischen Magmatismus, den lokalen tektonischen Rahmenbedingungen und der Rolle der Lithosphäre zu erklären. Unser Projekt, das einen integrierten Ansatz aus Fächerecholotkartierung, Seismologie, Elektromagnetik, Gravimetrie, Wärmestrom, Altersdatierung und Petrologie/Geochemie verfolgt, hat zum Ziel, erstmals ein ganzheitliches Modell dieser zwar sehr komplexen aber auch sehr rohstoffreichen Region zu entwickeln. Die zentrale ungelöste Frage ist, warum genau hier Metalle derart stark angereichert wurden?

Cruise SO299

The metallogenic diversity of the Earth's crust is closely related to complex tectonic processes at the plate margins. Some of the most metal-endowed continental crust on Earth is forming today in complex subduction zone settings of the Western Pacific. In easternmost Papua New Guinea, recent crustal growth and ore formation is driven by arc-continent collisions, subduction reversals, and continuous metasomatism of the mantle wedge, resulting in recycling and addition of volatiles and metals. Several of the world's largest Cu and Au deposits have formed in this region over the last 2-3 million years, and some are still forming today. However, geodynamic models of the region are constructed at a very broad scale with an uncertain link to ongoing magmatism, the local neotectonic framework and the role of the lithospheric basement. The proposed project will use an integrated approach of high-resolution multibeam mapping, seismology, magnetotellurics, heat flow, geochronology and petrology/geochemistry to obtain the first comprehensive view of one of the world's most complicated yet mineral-rich belts and attempt to address a major unsolved question about the region: why has so much metal been added to the crust at this location?

Wissenschaftliches Programm

Der äquatoriale pazifische Ozean (EPO) ist aufgrund seiner Abgelegenheit noch sehr wenig erforscht. Dennoch ist er ein wichtiger Teil des Pazifischen Ozeans für das Verständnis des Kreislaufs von Spurenelementen und Isotopen (TEIs).

Die EPO befindet sich zwischen zwei großen ultra-oligotrophen Wirbeln und weist Auftriebsgebiete und Regionen mit verringerten Sauerstoffkonzentrationen auf. Große Teile der EPO gelten als Netto-CO₂-Quelle, aber es liegen nur wenige Daten vor, die dies bestätigen. Der anthropogene Kohlenstoff in der EPO kommt vorwiegend im Oberflächen- und Zwischenwasser des äquatorwärts fließenden Antarktischen Zwischenwassers (AAIW) vor. Im EPO findet ein aktiver Austausch von TEIs (einschließlich Mikronährstoffen wie Fe, Co, Mangan (Mn)) an den Ozeangrenzen statt, z. B. mit der Atmosphäre (Staub und Regen), der Ozeankruste (hydrothermale Schlotssysteme bei Papua-Neuguinea und am Ostpazifikanstieg (EPR)), dem Kontinent über Flüsse (z. B. südamerikanische und asiatische Flüsse und südamerikanische und asiatische Flüsse) und die Schelf- und Hangsysteme des östlichen und westlichen Beckens, wobei das östliche Becken eine Sauerstoffminimumzone (OMZ) aufweist, die mit dem Auftrieb an der äquatorialen und östlichen Grenze zusammenhängt. Das EPO weist in der östlichen Region Gewässer mit hohem Nitratgehalt und niedrigem Chlorophyllgehalt (HNLC) auf, was mit dem Auftrieb tieferer Gewässer zusammenhängt und zu Fe-begrenzten mikrobiellen Gemeinschaften führt, wie Experimente mit mesoskaliger Fe-Zugabe zeigen. Der Auftrieb in den westlichen Regionen ist stark reduziert, was zu Nitratverarmung führt und günstige Lebensräume für N₂-Fixierer (Diazotrophe) bietet. Diazotrophe haben aufgrund des hohen Fe-Gehalts des N₂-

Scientific Programme

The equatorial Pacific Ocean (EPO) is understudied due to its remoteness. Nevertheless, it is a critical part of the Pacific Ocean for understanding the cycling of trace elements and isotopes (TEIs).

The EPO is situated in between two large ultra-oligotrophic gyres, and features upwelling and regions with depleted oxygen concentrations. Large parts of the EPO are considered a net CO₂ source, but only few data are available to confirm this. The anthropogenic carbon in the EPO occurs predominantly in surface and intermediate waters of the equatorward flowing Antarctic Intermediate Water (AAIW). There is active exchange of TEIs (including micronutrients, such as Fe, Co, manganese (Mn)) in the EPO at the ocean boundaries, such as with the atmosphere (dust and rain, ocean crust (hydrothermal vent systems near Papua New Guinea and on the east Pacific Rise (EPR)), continent via rivers (e.g. S American and Asian rivers) and the eastern and western basin shelf/slope systems, with the eastern basin featuring an oxygen minimum zone (OMZ) related to equatorial and eastern boundary upwelling. The EPO features high nitrate low chlorophyll (HNLC) waters in the eastern region, associated with upwelling of deeper waters, resulting in Fe limited microbial communities as indicated by mesoscale Fe addition experiments. The upwelling in the western regions is strongly reduced, creating nitrate depletion and providing favourable habitats for N₂ fixers (diazotrophs). Diazotrophs have a higher demand for Fe than other microbial groups due to the high Fe content of the N₂ fixing enzyme (nitrogenase), however sources of Fe potentially fuelling diazotrophy in the EPO are not well constrained. The low Fe and nitrate concentrations in the western EPO are likely growth

fixierenden Enzyms (Nitrogenase) einen höheren Fe-Bedarf als andere mikrobielle Gruppen, doch sind die Fe-Quellen, die die Diazotrophie im EPO potenziell ankurbeln, nicht genau bekannt. Die niedrigen Fe- und Nitratkonzentrationen im westlichen EPO sind wahrscheinlich wachstumsbegrenzend für das Phyto-Plankton, aber es fehlen direkte experimentelle Daten zum Nachweis einer Begrenzung durch N, P, Fe oder andere Mikronährstoffe.

Das EPO spielt auch eine zentrale Rolle in der globalen Umwälzzirkulation, wobei Wasser aus dem oberen Teil des Ozeans als indonesische Durchströmung (ITF) in den Indischen Ozean und weiter in den Nordatlantik strömt und tiefes Wasser in den Südlichen Ozean und aus diesem heraus fließt. Im EPO dominieren die zonalen Strömungen jedoch die meridionalen Strömungen, außer an der westlichen Grenze.

Entlang unserer Fahrtroute ist die westliche windgetriebene Oberflächenströmung der Südäquatorialstrom (SEC), während die ostwärts fließende EUC direkt unterhalb des SEC verläuft. Die meridionale Tiefenwasserzirkulation in unserer Untersuchungsregion ist durch große Wassermassen gekennzeichnet (AAIW, Unteres zirkumpolares Tiefenwasser (LCDW), oberes zirkumpolares Tiefenwasser (UCDW) und Pazifisches Tiefenwasser (PDW)), von denen mindestens zwei eine entscheidende Rolle bei der Versorgung der Oberflächengewässer des Pazifiks und des Südlichen Ozeans mit Mikronährstoffen spielen.

Trotz dieser Bedeutung ist die Biogeochemie der TEIs im EPO im Vergleich zu anderen Ozeanregionen noch sehr wenig erforscht, obwohl es ein ideales Gebiet ist, um den Kreislauf, den Eintrag und den Austausch von TEIs zu bewerten und ihren Transport in Oberflächen-, Unterströmungs-, Zwischen- und Tiefenwassermassen zu untersuchen.

limiting for phytoplankton, but direct experimental data to show limitation by N, P, Fe or other micronutrients is lacking.

The EPO also plays a central role in the global overturning circulation, with upper ocean waters flowing into the Indian Ocean as the Indonesian Through Flow (ITF) and onwards to the N Atlantic, and deep waters flowing into and out of the Southern Ocean. In the EPO the zonal flows however dominate the meridional flows, except in the western boundary.

Along our cruise track, the westward wind-driven surface flow is the South Equatorial Current (SEC), with the eastward flowing EUC just beneath the SEC. The meridional deep water circulation in our study region is evidenced by major water masses (AAIW, Lower Circumpolar Deep Water (LCDW), Upper Circumpolar Deep water (UCDW), and Pacific Deep Water (PDW)), at least two of which play crucial roles in micronutrient supply to the surface waters of the Pacific and Southern Ocean.

Despite this importance, TEI biogeochemistry of the EPO is strongly understudied compared to other ocean regions whilst it represents an ideal area to assess the cycling, inputs and exchange of TEIs and to study their transport within surface, undercurrents, intermediate, and deep water masses.

Wir haben die folgenden Hauptziele, die wir mit der Fahrt SO298 erreichen wollen:

Ziel 1.: Bestimmung der Verteilung sowie der physikalischen und chemischen Speziation von TEIs, einschließlich Mikronährstoffe (wie Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, V, Zn, Cr), nicht biologisch essentieller Elemente (wie Al, Pb, Hg, Ti, Zr, Hf, Nb, U, W und REEs (Ra-Erd-Elemente)) und einer Reihe von Isotopensystemen (einschließlich Nd, Hf, Pa/Th, Ra, Pb, Fe, Ni, Zn) in hochauflösenden Pro-Files mit voller Tiefe.

Ziel 2.: Quantifizierung der Flüsse dieser TEIs und Mikronährstoffe in den Ozean von den vier Ozeangrenzen: Atmosphäre, Kontinent, Ozeankruste und Sedimente und Untersuchung der Rolle der physikalischen und chemischen Spezifizierung der TEIs für ihre Flüsse aus den verschiedenen Quellen.

Ziel 3.: Mit Hilfe von chemischen Tracern und physikalischer Ozeanographie die Vermischung und Advektion dieser TEIs von ihren Quellen ins Innere des Ozeans und aufwärts in den Oberflächenozean zu bewerten.

Ziel 4.: Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Makro- und Mikronährstoffkonzentrationen und -flüssen, der Produktivität der Ozeane, der Nährstoffnutzung und -begrenzung, der Diazotrophie und dem Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf.

We have the following major goals that we want to achieve for the cruise SO298:

Obj 1.: Determine the distribution, as well as the physical and chemical speciation of TEIs, including micronutrients (such as Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, V, Zn, Cr), non biologically essential elements (such as Al, Pb, Hg, Ti, Zr, Hf, Nb, U, W and REEs (Rare Earth Elements)) and a range of isotope systems (including Nd, Hf, Pa/Th, Ra, Pb, Fe, Ni, Zn) in high resolution full-depth profiles.

Obj 2.: Quantify the fluxes of these TEIs and micronutrients to the ocean from the four ocean boundaries: atmosphere, continent, ocean crust and sediments and assess the role of physical and chemical speciation of TEIs for their fluxes from the different sources.

Obj 3.: Assess, using chemical tracers and physical oceanography, the mixing and advection of these TEIs away from their sources into the ocean interior, and upwards into the surface ocean.

Obj 4.: Explore the relationship between macro- and micro-nutrient concentrations and fluxes, ocean productivity, nutrient utilization and limitation, diazotrophy, and the nitrogen and carbon cycles.

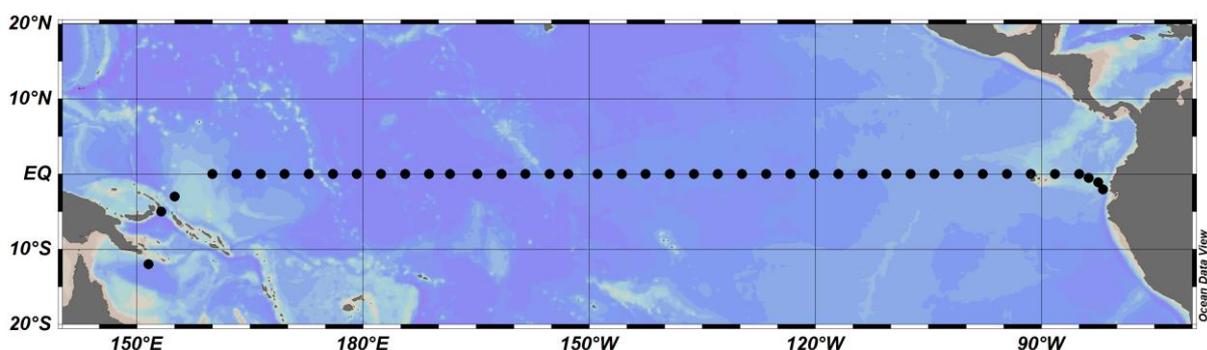


Abb. 2 Die geplante Fahrtstrecke mit 42 Stationen (Punkte) entlang der Abschnitte (schwarze Linie).

Fig. 2 The planned cruise track with 42 stations (dots) along the sections (black line).

Arbeitsprogramm

Die detaillierte Fahrtroute ist in Abb. 2 dargestellt mit dem Abschnitt entlang 0°S zwischen Ecuador und Australien. Der Ost-West-Abschnitt, der Ecuador mit Australien verbindet, wird die Quantifizierung des TEI-Abflusses aus den südamerikanischen und asiatischen Flüssen, der TEI-Zufuhr aus den Schelfsystemen, des äquatorialen Auftriebs und des Eintrags aus hydrothermalen Quellen sowie des Staubeintrags aus Ostasien ermöglichen. Darüber hinaus wird der Abschnitt es uns ermöglichen, den Tiefseetransport von Mikronährstoffen und TEI in und aus der gesamten äquatorialen Pazifikregion zu bewerten. Der Abschnitt wird einen Vergleich zwischen der küstennahen und küstenfernen Verteilung der TEIs als Funktion der kontinentalen und tiefen hydrothermalen Einträge sowie der großräumigen Ozeanzirkulation ermöglichen. Die Abschnitte werden es uns auch ermöglichen, die Mikronährstoffversorgung der mikrobiellen Gemeinschaften des Oberflächenozeans und die ökologischen Reaktionen zu untersuchen.

Es ergibt sich der folgende detaillierte Arbeitsplan:

- Der Transit von Guayaquil zur ersten Station bei 1° 42,51' S und 82° 22' W auf dem ecuadorianischen Schelf wird genutzt, um die Installation der während der Fahrt zu verwendenden Ausrüstung abzuschließen, was größtenteils bereits im Hafen geschehen wird.

- Nach der Beprobung an der ersten Station werden wir die Proben an den geplanten Stationen entlang der Fahrtroute in Richtung Äquator (0°S) entnehmen. Wir werden dann dem Äquator folgen, bis wir 153° 30' Ost erreichen, von wo aus wir 3 weitere Stationen in Richtung Townsville, Australien, beproben werden. Die Probenahme erfolgt mit der Standard-CTD und einer Edelstahlrosette für Gase, Nährstoffe, biologische Proben (Primärproduktivität, N₂-Fixierung, genetische Informationen), anthropogene Radionuklide, $\delta^3\text{He}$ und weniger kontaminationsanfällige TEIs wie Ra, Ac, Nd- und Hf-Isotope, REE-

Work Programme

The detailed cruise track is shown in Fig. 2, with the section along 0°S between Ecuador and Australia. The E-W section connecting Ecuador to Australia will allow the quantification of the TEI outflow of the South American and Asian rivers, TEI supply from the shelf systems, equatorial upwelling supply and inputs from hydrothermal vents, and dust inputs from east Asia. In addition the section will allow us to assess the deep ocean transport of micronutrients and TEIs into and out of the entire equatorial Pacific region. The section will provide a comparison between the nearshore and offshore distribution of the TEIs as a function of the continental and deep ocean hydrothermal inputs, as well as of large scale ocean circulation. The sections will also allow us to study micronutrient supply to surface ocean microbial communities and the ecological responses.

The following detailed work schedule arises:

- The transit from Guayaquil to the first station at 1° 42.51' S and 82° 22' W on the Ecuadorian shelf will be used to finalize the installation of the equipment to be used during the cruise, most of which will have happened already in the port.

- Following sampling at the first station, we will then proceed to sample at the scheduled stations along the cruise track towards the equator (0°S). We will then follow the equator until we reach 153° 30' E from where we will sample 3 more stations towards Townsville, Australia. Sampling will be carried out using the standard CTD and stainless steel rosette for gases, nutrients, biological samples (primary productivity, N₂ fixation, genetic information), anthropogenic radionuclides, $\delta^3\text{He}$, and less contaminant prone TEIs such as Ra, Ac, Nd and Hf isotopes, REE concentrations and $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$. Alternating with the standard

Konzentrationen und $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$. Abwechselnd mit der Standardrosette werden wir die Probennahme für alle anderen kontaminationsanfälligen TEIs mit dem spurenmethallreinen CTD und der mit spurenmethallreinen GoFlo-Flaschen ausgestatteten Rosette durchführen. Unmittelbar nach der Probennahme werden die OTE-Flaschen in den spurenmethallfreien Laborcontainer umgefüllt und die Proben dort behandelt und gefiltert, um eine spurenmethallfreie Handhabung zu gewährleisten. An 13 ausgewählten Stationen (Superstations) werden In-situ-Pumpen eingesetzt, um Partikelproben in den erforderlichen Mengen für die Bestimmung ausgewählter TEIs zu sammeln. An diesen Superstationen werden wir auch einen zusätzlichen Tiefgang mit der spurenmethallfreien CTD durchführen, um zusätzliches Wasser für detaillierte Metallisotopen- und Speziationmessungen zu gewinnen. Zusätzliche Proben werden mit einem spurenmethallfreien Schleppfisch für die Oberflächenwasserprobennahme von TEIs, für Untersuchungen des N-Zyklus an Bord, für Nährstoff- und Mikronährstoff-Bioassay-Inkubationsexperimente und für (Meta-) Proteomik gesammelt. Wir werden die Abstände zwischen den Stationen in der Nähe der für uns interessanten Hotspots wie hydrothermale Schloten, und Schelf-/Hangsystemen anpassen. Aerosolsammler werden im Steuerhaus des Schiffes angebracht. Darüber hinaus werden Regenwasserproben mit sauberen Metalltrichtern entnommen. CO_2 , Alkalinität und pH, die N_2O -Proben werden gemessen aus einem Einlass am Bug des Schiffes.

- Das Fahrtprogramm sieht einen Zwischenstopp bei $151,30^\circ\text{E}$, $12,0^\circ\text{S}$ vor und führt dann nach Townsville, Australien.

rosette we will carry out the sampling for all other contamination prone TEIs using the trace metal clean CTD and rosette equipped with trace metal clean GoFlo bottles. Immediately after sampling, the OTE bottles will be transferred into the trace metal clean laboratory container and samples will be treated and filtered there to guarantee trace metal clean handling. At 13 selected stations (Superstations), in situ pumps will be used to collect particulate samples in the required quantities for the determination of selected TEIs. At these Superstations we will also conduct an additional deep cast with the trace metal clean CTD to obtain additional water for detailed metal isotope and speciation measurements. Additional samples will be collected using a trace metal clean tow fish for surface water sampling of TEIs, on board investigations of the N cycle, nutrient and micronutrient bioassay incubation experiments, and (meta) proteomics. We will adjust the distance between stations near hot spots of our interest such as hydrothermal vents, and the shelf/slope system. Aerosol collectors will be deployed on the wheelhouse of the vessel. In addition, rain water sampling will be conducted with metal clean funnels. CO_2 , alkalinity and pH will be sampled from an intake at the bow of the vessel.

- The cruise programme will stop at 151.30°E , 12.0°S and then transit to Townsville, Australia.

	Tage/days
Auslaufen von Guayaquil (Ecuador) am 14.04.2023 <i>Departure from Guayaquil (Ecuador) 14.04.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet Ecuador (Küstenwasser) <i>Transit to working area Ecuador (Coastal waters)</i>	1
Stationsarbeiten im Arbeitsgebiet und dann die ganze Fahrtstrecke entlang CTD Rosette, In Situ Pumpe; UVP, ADCP <i>Station work in the working area off Ecuador and subsequently along the full cruise transect until just outside Australian waters with CTD water samplers; In situ pumps, UVP on rosette frame, ADCP</i>	44
Transit zum Hafen Townsville (Australien) <i>Transit to port Townsville (Australia)</i>	4
Einlaufen in Townsville (Australien) am 02.06.2023 <i>Arrival in port Townsville (Australia) on 02.06.2023</i>	
	Total 49

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

GEOMAR

Helmholtz Centre for Ocean Research
Wischhofstr. 1-3
24148 Kiel
Germany

Jacobs/Constructor University Bremen

Earth and Space Sciences program
Campus Ring
28759 Bremen
Germany

Alfred Wegener Institute

Helmholtz Centre for Polar and Marine Research
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven
Germany

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Christian-Albrechts-Platz 4
24118 Kiel
Germany

Max Planck Institute for Chemistry (MPIC)

Hahn-Meitner-Weg 1
55128 Mainz
Germany

Helmholtz-Zentrum hereon GmbH

Max-Planck-Straße 1
I 21502 Geesthacht I
Germany

University of South Florida

College of Marine Science
St Petersburg Campus
830 1st St S, St Petersburg,
FL 33701
USA

University of Southampton,
Ocean and Earth Science, European Way,
Southampton SO14 3ZH
United Kingdom

MIO -Mediterranean Institute of Oceanography
Bât. Méditerranée, Campus de Luminy-Océanomed,
13009 Marseille
France

University of Minnesota
Dept. of Soil, Water, and Climate
439 Borlaug Hall
1991 Upper Buford Circle
St. Paul, MN 55108;
USA

University of Ottawa
Department of Earth and Environmental Sciences
Ottawa, ON
K1N 6N5
Canada

Xiamen University
State Key Lab of Marine Environmental science,
College of Ocean & Earth Sciences,
Faculty of Earth Science & Technology,
Xiamen
China

Zhejiang University
Ocean College,
Zhoushan 316021
China

Shanghai Jiao Tong University
School of Oceanography
1954 Huashan Road, Xuhui District
Shanghai 200030
P.R. China

Wissenschaftliches Programm

Wir werden das schiffseigene Fächerecholot zur Kartierung wichtiger tektonischer Elemente am Meeresboden einsetzen. Die Echolot-, Rückstreuungs- und Sedimentsonardaten werden direkt an Bord aufbereitet werden. Um die Verweildauer der seismologischen und elektromagnetischen Geräte am Meeresboden zu maximieren, werden wir das Arbeitsprogramm mit dem Aussetzen der Geräte beginnen und mit der Bergung beenden. Elektromagnetische Verfahren erlauben es, Fluide und Schmelzen in der unteren Kruste und dem oberen Erdmantel zu detektieren. Die Seismologie hilft aktive Störungen und die krustalen Aufstiegswege aufzuspüren. Die Auswertung dieser Daten wird nach der Ausfahrt an Land erfolgen. Zudem werden wir die thermische Struktur der Kruste in der Umgebung der Insel Lihir untersuchen. Das ROV wird für die geologische Erkundung und Beprobung genutzt, wobei die Vulkane rund um Lihir und stratigraphische Krustenprofile entlang von Störungszonen im Fokus stehen. Zusätzliche Proben werden nachts mittels TV-Greifer gewonnen. Wenige, in großer Wassertiefe gelegene Stationen sollen mittels Gesteinsdredge beprobt werden. Die Kombination der verschiedenen geophysikalischen Methoden (Hydroakustik, Gravimetrie, Wärmestrom, Elektromagnetik, Seismologie) wird es uns erlauben, die tiefen Aufstiegswege der Fluide und Schmelzen aufzuspüren. Die geologische Beprobung und Kartierung liefert den dazu nötigen geodynamischen Kontext und die Araltdatierungen den zeitlichen Rahmen. Mittels Petrologie und Geochemie werden wir Erkenntnisse über die magmatischen Prozesse, die Prozesse im Erdmantel sowie die Interaktion mit der Kruste während des Magmenaufstiegs gewinnen. Dieser interdisziplinäre Ansatz sichert bahnbrechende neue Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen der Extension von Inselbögen, der Entwicklung von Mikroplatten und der Metallogenie.

Scientific Programme

We will use the ship's multibeam system to map key tectonic areas of the seafloor. The multibeam, backscatter and sub-bottom profiling data will be processed onboard for immediate interpretation. To maximize the bottom residence time of electromagnetic (OBEM) recorders and seismometers (OBS), the scientific programme will start with their deployment and be finalised with their recovery. Electromagnetic methods allow to image fluids and melts in the lower crust and upper mantle and the localization and characterization of individual earthquakes will help to infer on tectonic structure and crustal pathways. Data processing and interpretation will take place on shore. We will characterize the heat flow especially in the vicinity of the island of Lihir. The ROV will be used for targeted geological sampling. Main targets are the volcanoes around Lihir and stratigraphic profiles along fault scarps. Additional sampling by TV-grab will be operated during night-time to complement ROV operations. Dredging will be used for a few sampling sites especially in very deep water (>6000 m) close to the New Britain Trench. The combination of different geophysical methods (hydroacoustics, gravimetry, heatflow, electromagnetics, and seismology) will allow us to image the deep pathways of fluids and melts. Geological sampling and direct observations provide us with the important geodynamic context and Ar-dating will provide a precise temporal framework for the magmatic evolution. Petrology and major and trace element data will help to characterize the magmatic processes whereas radiogenic and stable isotope analyses will track mantle processes and interaction with the crust during magma ascent. This interdisciplinary approach ensures groundbreaking new insights into the links between arc rifting, microplate evolution and metallogeny.

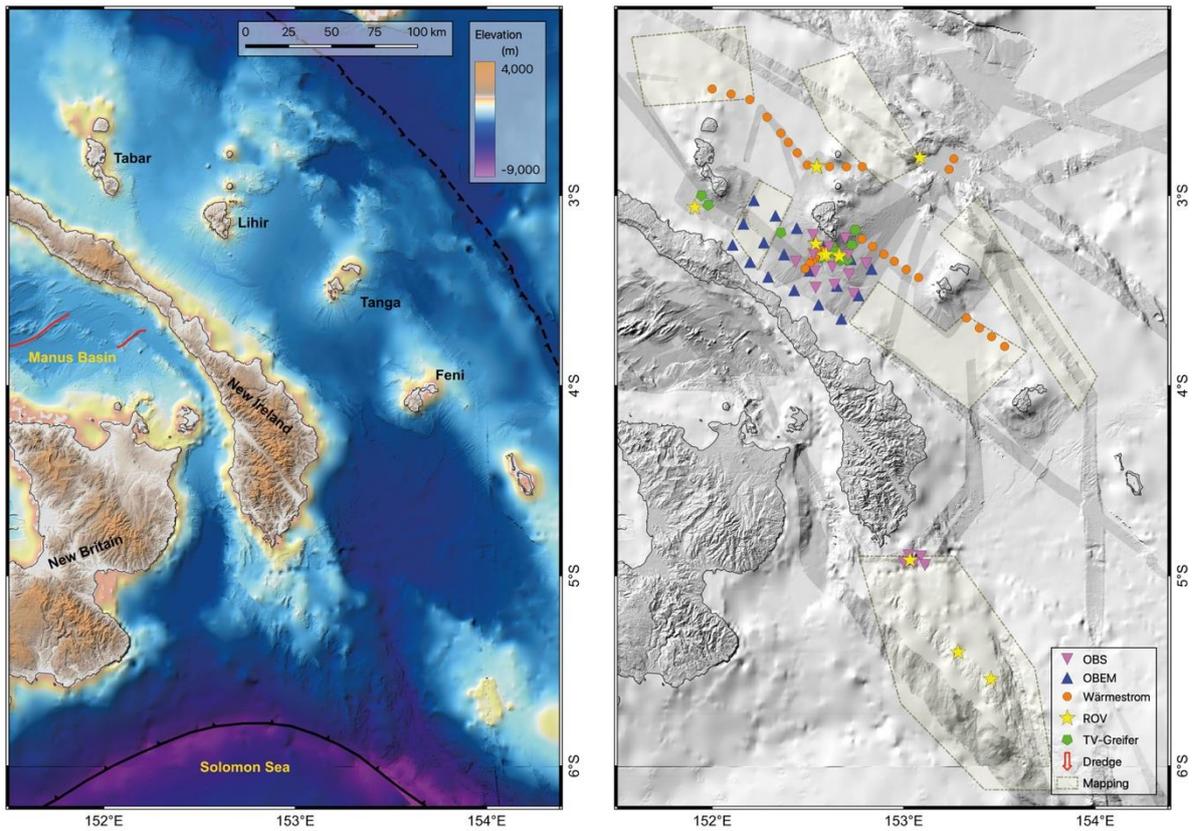


Abb. 3 Geomorphologische Übersicht des Arbeitsgebiets (links) und Übersicht der geplanten Stationen (rechts, gleicher Kartenausschnitt). Rechts ist die Bathymetrie grau schattiert, die existierende hochaufgelöste Bathymetrie ist anhand der etwas dunkler schattierten Streifen erkennbar.

Fig. 3 Geomorphological overview of the working area (left) and overview of the planned stations (right, same map section). On the right, the bathymetry is shaded grey, the existing high-resolution bathymetry can be recognized by the slightly darker shaded stripes.

Arbeitsprogramm

Die Fahrt startet in Townsville und die Dauer des Transits ins Arbeitsgebiet ist mit etwa 3,5 Tagen veranschlagt. Das Arbeitsprogramm beginnt mit einem Schallprofil sowie einem Releasertest für die OBS und OBEM Geräte. Direkt anschließend beginnt das Aussetzen des OBS- bzw. OBEM-Netzwerkes im Seegebiet um die Lihirinselgruppe. Die Strecke für das Auslegen der insgesamt 36 Geräte ist mit 180 NM berechnet. Bei 10 kn Transitgeschwindigkeit und einem zusätzlichen Zeitbedarf von ca. 45 min pro Gerät für das Aufstoppen und Beschleunigen, ergibt sich ein Bedarf von ca. 2 Arbeitstagen. Das folgende Arbeitsprogramm ist so konzipiert, dass Transitstrecken minimiert werden. Diese sind daher nicht extra aufgeführt, sondern wurden bei der Planung der einzelnen Stationen und Gerätschaften mitberücksichtigt. Die nächsten 14 Arbeitstage sind für ein intensives Programm zur detaillierten Erforschung des Vulkanfeldes südlich von Lihir (Abb.3) vorgesehen. Mittels dreier Wärmestromprofile (eines knüpft an ein existierendes Profil der Ausfahrt SO94 an), soll das thermische Regime in der unmittelbaren Umgebung um die Insel Lihir erforscht werden. Zudem sind sieben Tauchgänge mit dem ROV (à 18 h inkl. Aussetzen und Einholen), sowie 6 Einsätze des TV-Greifers (à ca. 3 h) geplant, um das Vulkanfeld visuell zu erkunden und zu beproben. Ein Greifereinsatz ist zur Erkundung einer morphologischen Erhebung im Becken zwischen Lihir und Tabar geplant. Die vermuteten Vulkane südlich von Tabar sollen ebenfalls mittels TV-Greifer erkundet werden. Ein Arbeitstag ist eingeplant für den Transit (Kartierung) zur Weitinstörung südlich New Irelands. Die nun folgenden 4 Arbeitstage fokussieren sich auf das Feni Deep sowie die Tektonik und den Aufbau der Kruste südlich von New Ireland. Hier verlaufen eine Reihe von translithosphärischen Störungssystemen (Weit-/Sapomstörungen), deren Zusammenhang und mögliche tektonische Verbindung zur New Britaintiefseerinne erforscht werden soll (Abb. 3). Da dieses Gebiet nahezu unkartiert ist, planen wir 3 Arbeitstage für die Kartierung südlich New

Work Programme

The cruise starts in Townsville and the duration of the transit to the work area is estimated at 3.5 days. Once there, the work programme begins with the determination of a sound profile and a releaser test for the OBS and OBEM devices. Immediately afterwards, the deployment of the OBS and OBEM network in the sea area around the Lihir island group will begin. The distance for the deployment of the 36 instruments is calculated with 180 NM. At a transit speed of 10 knots and an additional time requirement of approx. 45 min per instrument for stopping and accelerating, this results in a requirement of approx. 2 working days. The following work programme is designed to minimize transit distances; these are therefore not listed separately, but were taken into account when planning the individual stations and equipment. The next 14 working days will be devoted to an intensive programme of detailed exploration south of Lihir (Fig. 3). Through three heat flow profiles (one of which is a continuation of an existing profile from the SO94 cruise), the thermal regime in the immediate vicinity of Lihir Island will be investigated. In addition, seven ROV dives (18 h each, including deployment and recovery) and 6 TV-grab deployments (3 h each) are planned to visually explore and representatively sample the volcanic field. One grab is planned to explore a morphological elevation in the basin between Lihir and Tabar. The suspected volcanoes south of Tabar will also be explored by TV-grab. One working day is planned for the transit (mapping) to the Weitin fault south of New Ireland. The following 4 working days will focus on the Feni Deep and the tectonics and structure of the crust south of New Ireland. Here a number of translithospheric fault systems (Weit/Sapom faults) are present and their connection and possible tectonic link to the New Britain Trench shall be investigated (Fig. 3). Since this area is nearly unmapped, we plan 3 working days for mapping south of New Ireland. Subsequently, the crustal structure will be explored by ROV using three profiles; two profiles will be taken along the Weitin fault and a third along the submarine extension of the

Irelands ein. Anschließend soll der Krustenaufbau anhand dreier Profile mittels ROV erkundet werden; Zwei Profile sollen entlang der Weitinstörung aufgenommen werden und ein drittes entlang der submarinen Verlängerung der Sapomstörung in Richtung Süden. Die Morphologie des Meeresbodens aufgrund der Satellitenaltimetrie und der Charakter der translithosphärischen Störungen lassen auf gute Aufschlussgegebenheiten schließen. Möglicherweise sind sogar Teile der Unterkruste oder des lithosphärischen Mantels aufgeschlossen. Dies ist besonders wahrscheinlich entlang der sehr tief liegenden Bereiche, wo die Störung in die Tiefseerinne hineinläuft. Diese Bereiche (6-8 km Wassertiefe) sind für ROV und TV-Greifer nicht erreichbar und die Beprobung soll daher mit vier Dredgezügen erfolgen. Zusätzlich planen wir die Beprobung des am Fuße der Feniinselgruppe aufgeschlossenen Basements (basierend auf den seismischen Daten der Ausfahrt SO94; siehe Brandl et al., 2020) mittels ROV. Nach einem Wärmestromprofil zwischen Tanga und Feni folgt eine Kartierung des Meeresbodens nördlich von Tanga. Anschließend wird das Lihirtief erreicht, wo ein Profil der Kruste im Lihir Deep mittels ROV (visuelle Kartierung und Probennahme) aufgenommen werden soll. Die folgenden zwei Arbeitstage zielen auf den New World Seamount NW Lihir (2 ROV-Tauchgänge) sowie die Vervollständigung des Wärmestromprofils nördlich Lihirs. Vier Dredgezüge sollen die Krustenzusammensetzung nördlich Lihirs erschließen (inkl. Kartierung). Abschließend soll ein ROV-Tauchgang am sogenannten „Mussel Cliff“ erfolgen (ROV 15) bevor mit der Bergung der am Meeresboden ausgelegten Geräte begonnen wird. Die Bergung der OBS- und OBEM-Geräte wird voraussichtlich 4 Arbeitstage in Anspruch nehmen. Nach der Bergung folgt der Transit zur Mussautiefseerinne (ca. 1 Tag), wo in den abschließenden zwei Arbeitstagen erste Kartierungen und Gesteinsbeprobungen (mittels 4 Dredgezügen) dieser weitgehend unbekanntes Struktur durchgeführt werden sollen. Danach folgt der Transit in den Endhafen Singapur, der mit 13 Tagen kalkuliert ist. Für die Demobilisierung im Hafen ist 1 Tag vorgesehen.

Sapom fault to the south. The morphology of the seafloor based on the satellite altimetry and the character of the trans-lithospheric faults suggest good outcrop conditions. It is even possible that parts of the lower crust or the lithospheric mantle are exposed. This is especially likely along the very deep areas where the fault runs into the trench. These areas (6-8 km water depth) are inaccessible to ROV and TV-grab and sampling will therefore be done with four dredge sites. In addition, we plan to sample the basement exposed at the base of the Feni Island group (based on seismic data from the SO94 cruise; see Brandl et al., 2020) using ROV. A heat flow profile between Tanga and Feni is followed by seafloor mapping north of Tanga. Subsequently, the Lihir Deep will be reached, where a profile of the crust in the deep will be taken by ROV (visual mapping and sampling). The following two working days will target the New World Seamount NW of Lihir (2 ROV dives) and the completion of the heat flow profile north of Lihir. Four dredge sites are planned to explore the crustal composition north of Lihir (including mapping). Finally, a ROV dive will be made at the so-called "Mussel Cliff" (ROV 15) before recovery of the equipment deployed on the seafloor is started. The recovery of the OBS and OBEM equipment is expected to take 4 working days. After recovery, the transit to the unsampled and unmapped Mussau Trench will follow (approx. 1 day), where initial mapping and rock sampling (using 4 dredge sites) will be carried out during the final two working days. This will be followed by the transit to the final port of Singapore, which is calculated to take 13 days. For the demobilization in the port 1 day is planned.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise SO299**

	Tage/days
Auslaufen von Townsville (Australien) am 06.06.2023 <i>Departure from Townsville (Australia) 6 June 2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	3.5
Aussetzen des OBS/OBEM Netzwerkes <i>Deployment of the OBS/OBEM network</i>	2
ROV-Tauchgänge inkl. Aussetzen/Einholen <i>ROV dives incl. deployment/recovery</i>	11.25
Gesteinsbeprobung mittels TV-geführten Greifers & Dredgen <i>Rock sampling using TV-guided grab & dredges</i>	6
Wärmestrommessungen <i>Heat flow measurements</i>	4
Meeresbodenkartierungen und Transitzeiten im Arbeitsgebiet <i>Seafloor mapping and transit times in the working area</i>	8.75
Bergung des OBS/OBEM Netzwerkes <i>Recovery of the OBS/OBEM network</i>	4
Transit zum Hafen Singapur <i>Transit to port Singapore</i>	13
	Total 52,5
Einlaufen in Singapur am 29.07.2023 <i>Arrival in Singapore 29 July 2023</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Wischhofstr. 1-3
24148 Kiel
Germany

GeoZentrum Nordbayern

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Schloßgarten 5
91054 Erlangen
Germany

University of Helsinki

Department of Geosciences and Geography
Research Programme of Geology and Geography (GeoHel)
Physicum, Gustaf Hällströminkatu 2A, Kumpula Campus
00014 Helsinki
Finland

BGR

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover
Germany

University of Ottawa

Department of Earth and Environmental Sciences
STEM Complex, 150 Louis-Pasteur Private
K1N 6N5, Ottawa, ON
Canada

Das Forschungsschiff / *Research Vessel SONNE*

Das Forschungsschiff „SONNE“ dient der weltweiten, grundlagenbezogenen Meeresforschung Deutschlands und der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf diesem Gebiet.

The research vessel “SONNE” is used for German world-wide marine scientific research and the cooperation with other nations in this field.

FS „SONNE“ ist Eigentum der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das 90% des Baus und die Betriebskosten finanziert. Die norddeutschen Küstenländer trugen zu 10% zu den Baukosten bei.

R/V “SONNE” is owned by the Federal Republic of Germany, represented by the Ministry of Education and Research (BMBF), which financed 90 % of the construction of the vessel and its running costs. The North German coastal states contributed 10 % to the building costs.

Dem Gutachterpanel Forschungsschiffe (GPF) obliegt die Begutachtung der wissenschaftlichen Fahrtanträge. Nach positiver Begutachtung können diese in die Fahrplanung aufgenommen werden.

The Review Panel German Research Vessels (GPF) reviews the scientific cruise proposals. GPF-approved Projects are suspect to enter the cruise schedule.

Die Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe (LDF) der Universität Hamburg ist für die wissenschaftlich-technische, logistische und finanzielle Vorbereitung, Abwicklung und Betreuung des Schiffsbetriebes zuständig.

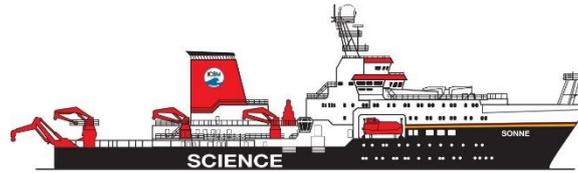
The German Research Fleet Coordination Centre (LDF) at the University of Hamburg is responsible for the scientific-technical, logistical and financial preparation, handling and supervision of the vessels operation.

Einerseits arbeitet die LDF partnerschaftlich mit der Fahrleitung zusammen, andererseits ist sie Partner der Reederei Briese Schiffahrts GmbH & Co. KG. Die Finanzadministration im Rahmen der Bereederung erfolgt durch den Projektträger Jülich (PtJ).

On a partner-like basis the LDF cooperates with the chief scientists and the managing owner Briese Schiffahrts GmbH & Co. KG. The financial administration of the ships operation is carried out by the POrject Management Jülich (PtJ).

Die an der Organisation des Schiffsbetriebes beteiligten Institutionen sind einem Beirat rechenschaftspflichtig.

The institutions involved in the vessel’s operation are monitored by an advisory board.

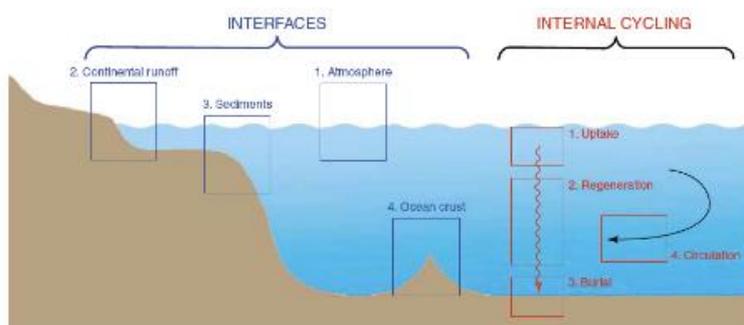


Research Vessel

SONNE

Cruise No. SO298 - SO299

14. 04. 2023 - 29. 07. 2023



Biogeochemistry of trace metals and their isotopes in the equatorial Pacific Ocean, GEOTRACES-GP11

Arc Rifting, metallogeny and microplate evolution: An integrated geodynamic, magmatic and hydrothermal study of the Bismarck Archipelago, Papua New Guinea, geoDYNAMics & METallogeny, DYNAMET

Editor:

Institut für Geologie Universität Hamburg
Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
<http://www.ldf.uni-hamburg.de>

Sponsored by:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
ISSN 2364-3692