

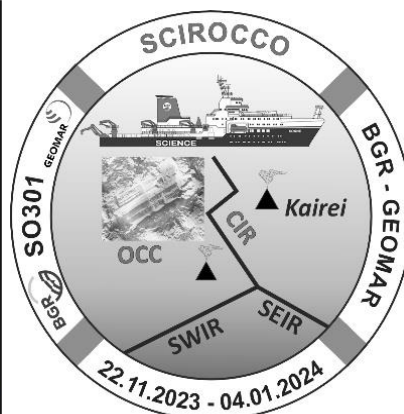
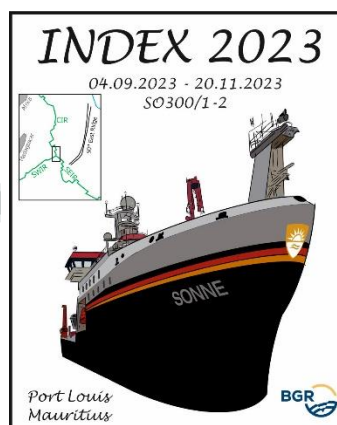


Forschungsschiff

SONNE

Reisen Nr. SO299-2 - SO301

15. 08. 2023 - 04. 01. 2024



**Rekonstruktion von Eruptionen und vulkanischen Tsunamis
am Vulkan Krakatau (Indonesien), REE-T**

**Exploration von Massivsulfiden im deutschen Lizenzgebiet
im zentralen Indischen Ozean, INDEX 2023**

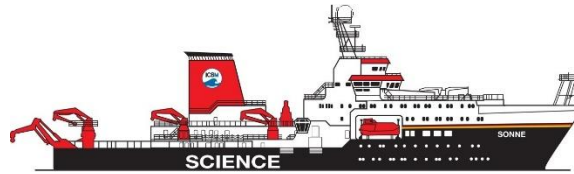
**Seismisches Abbild des Zentralindischen Rückens: Aufbau und Entwicklung
von ozeanischen Tiefengesteinkomplexen, SCIROCCO**

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

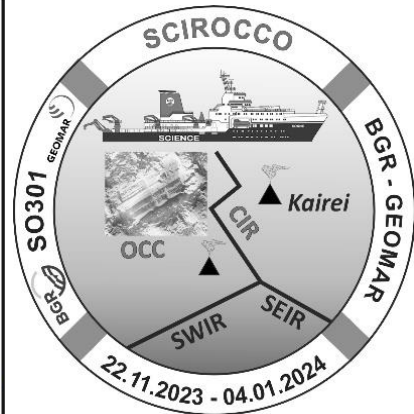
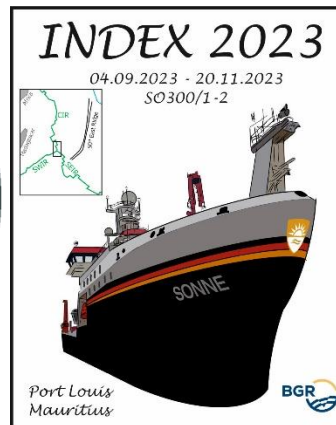


Forschungsschiff / Research Vessel

SONNE

Reisen Nr. / Cruises No. SO299/2 – SO301

15. 08. 2023 - 04. 01. 2024



Rekonstruktion von Eruptionen und vulkanischen Tsunamis am Vulkan Krakatau (Indonesien), REE-T

Reconstructing volcanic eruptions and tsunamis of Krakatau volcano, REE-T

Exploration von Massivsulfiden im deutschen Lizenzgebiet im zentralen Indischen Ozean, INDEX 2023

*Exploration for Seafloor Massive Sulfides in the German Exploration Claim
in the Indian Ocean, INDEX 2023*

Seismisches Abbild des Zentralindischen Rückens: Aufbau und Entwicklung von ozeanischen Tiefengesteinkomplexen, SCIROCCO

*Seismic Imaging at the Central Indian Ridge: Structure and Formation
of Oceanic Core Complexes, SCIROCCO*

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

Anschriften / Addresses

Prof. Dr. Morelia Urlaub
GEOMAR Helmholtz Centre for
Ocean Research Marine Geodynamics
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

Telefon: +49 (0)431 600 2638
E-Mail: murlaub@geomar.de

PD Dr. Udo Barckhausen
BGR - Bundesanstalt für
Geowissenschaften & Rohstoffe
Stilleweg 2
D-30655 Hannover

Telefon: +49 (0)511 643 3239
Telefax: +49 (0)511 643 3661
E-Mail: udo.barckhausen@bgr.de

Dr. Thomas Kuhn
BGR - Bundesanstalt für
Geowissenschaften & Rohstoffe
Stilleweg 2
D-30655 Hannover

Telefon: +49 (0)511 643 3780
Telefax: +49 (0)511 643 3661
E-Mail: thomas.kuhn@bgr.de

Dr. Martin Engels
BGR - Bundesanstalt für
Geowissenschaften & Rohstoffe
Stilleweg 2
D-30655 Hannover

Telefon: +49 (0)511 643 3135
E-Mail: martin.engels@bgr.de
http: www.bgr.de

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

Telefon: +49 (0)40 42838 3640
Telefax: +49 (0)40 4273 10063
E-Mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de
http: www.ldf.uni-hamburg.de

Reederei Bries
Bries Schiffahrts GmbH & Co. KG
Research | Forschungsschiffahrt
Hafenstraße 12 (Haus Singapore)
D-26789 Leer

Telefon: +49 (0)491 92520 160
Telefax: +49 (0)491 92520 169
E-Mail: research@bries.de
http: www.bries-research.de

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

Telefon: +49 (0)381 20356 291
E-Mail: ptj-mgs@fz-juelich.de
http: www.ptj.de/rostock

GPF-Geschäftsstelle
Begutachtungspanel 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 Nr. / Cruises No. SO299-2 - SO301

15. 08. 2023 - 04. 01. 2024

**Rekonstruktion von Eruptionen und vulkanischen Tsunamis
am Vulkan Krakatau (Indonesien), REE-T**

Reconstructing volcanic eruptions and tsunamis of Krakatau volcano, REE-T

**Exploration von Massivsulfiden im deutschen Lizenzgebiet
im zentralen Indischen Ozean, INDEX 2023**

*Exploration for Seafloor Massive Sulfides in the German Exploration Claim
in the Indian Ocean, INDEX 2023*

**Seismisches Abbild des Zentralindischen Rückens: Aufbau und Entwicklung
von ozeanischen Tiefengesteinkomplexen, SCIROCCO**

*Seismic Imaging at the Central Indian Ridge: Structure and Formation
of Oceanic Core Complexes, SCIROCCO*

Fahrt / Cruise SO299-2	15.08.2023 - 02.09.2023 Singapur (Singapur) - Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Prof. Dr. Morelia Urlaub
Fahrt / Cruise SO300/1	05.09.2023 - 28.09.2023 Port Louis - Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Dr. Udo Barckhausen
Fahrt / Cruise SO300/2	02.10.2023 – 19.11.2023 Port Louis – Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Dr. Thomas Kuhn
Fahrt / Cruise SO301	22.11.2023 – 04.01.2024 Port Louis – Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Dr. Martin Engels
Koordination / Coordination	Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe <i>German Research Fleet Coordination Centre</i>
Kapitän / Master SONNE	SO299/2 Oliver Meyer SO300/1 Oliver Meyer SO300/2 Oliver Meyer SO301 Tilo Birnbaum

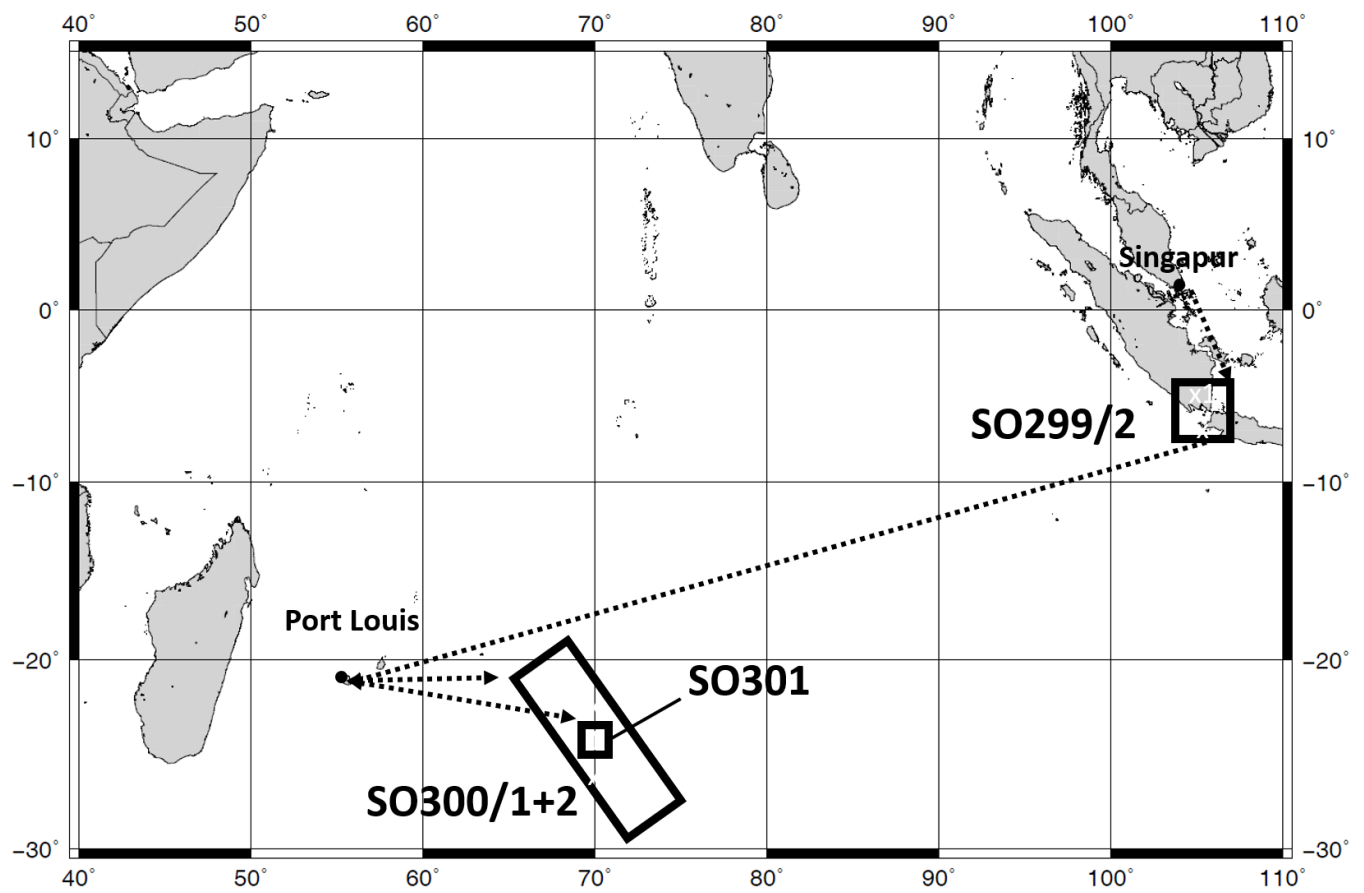


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der SONNE Expeditionen SO299/2 – SO301.

Fig. 1 Planned cruise tracks and working areas of SONNE cruises SO299/2 – SO301.

Übersicht

Fahrt SO299-2

Die Forschungsfahrt SO299/2 mit der RV SONNE ist eine Transitfahrt von Singapur nach Mauritius mit vier zusätzlichen Tagen für Forschungszwecke. Im Mittelpunkt der Forschung steht der Krakatau-Archipel in der Sundastraße. Die Inselgruppe ist das Ergebnis eines großen Vulkanausbruchs im Jahr 1883, einer der größten explosiven Eruptionen der Geschichte, und eines katastrophalen Sektoreneinsturzes im Jahr 2018, als ein großes Segment des Vulkans Anak Krakatau ($0,1 - 0,3 \text{ km}^3$) in die Sundastraße rutschte. Beide Ereignisse verursachten verheerende Tsunamis.

Die Entstehung von Tsunamis durch vulkanische Prozesse ist nur unzureichend erforscht, und selbst die wichtigsten Parameter für die Tsunamiquellen (z. B. Einsturzesgeschwindigkeit und Art der Sektorkollapse und pyroklastischen Ströme) sind für die meisten vulkanogenen Tsunamieignisse (einschließlich der Ereignisse am Krakatau) unbekannt. Diese Parameter sind jedoch entscheidend für eine zuverlässige Gefahrenabschätzung sowie für die Entwicklung von Überwachungs- und Frühwarnstrategien.

Ziel der Forschungsfahrt SO299/2 ist es, geophysikalische und geologische Daten zu sammeln, um diese kritischen Beobachtungslücken zu schließen. Wir werden die Ablagerungen des Sektorkollapses von 2018 sowie die Ablagerungen der pyroklastischen Ströme vom Ausbruch des Krakatau im Jahr 1883 mit Hilfe von seismischen Reflexionsprofilen, Sedimentkernbohrungen und photogrammetrischen Drohnenvermessungen untersuchen. Das Hauptziel der vorgeschlagenen Experimente ist es, ein besseres Verständnis der geologischen Prozesse zu erlangen, die die Entstehung von vulkanogenen Tsunamis steuern, und die Wiederablagerung von Material nach dem Kollaps sowie Erosionsprozesse zu untersuchen.

Synopsis

Cruise SO299-2

Research cruise SO299/2 with RV SONNE is a transit cruise from Singapore to Mauritius with four additional days dedicated to research. The focus of the research is the small Krakatau archipelago in the Sunda Strait. The archipelago is the product of a major volcanic eruption in 1883, one of the largest explosive eruption historic times, and a catastrophic sector collapse in 2018, when a large segment of the volcano Anak Krakatau ($0.1 - 0.3 \text{ km}^3$) slid into the Sunda Strait. Both events caused devastating tsunamis.

The generation of tsunamis by volcanic processes is only poorly understood and even the most important tsunami source parameters (e.g. emplacement velocity and style of sector collapses and pyroclastic flows) are unknown for most volcanogenic tsunami events (including those at Krakatau). These parameters are however crucial for reliable hazard assessment as well as for the development of monitoring and early warning strategies.

Research cruise SO299/2 aims to acquire geophysical and geological data needed to fill these critical observational gaps. We will survey the deposits of the 2018 sector collapse as well as the pyroclastic flow deposits from 1883 eruption of Krakatau using seismic reflection profiling, sediment coring and photogrammetric drone surveying. The main goal of the proposed experiments is to gain a better understanding about the geological processes controlling volcanogenic tsunami genesis, and to investigate post-collapse material redeposition and erosion processes.

Fahrt SO300/1+2

Die BGR hat im Jahr 2011 ein Prospektionsprogramm für polymetallische Sulfide (sog. Seafloor Massive Sulfides, kurz SMS) im zentralen Indischen Ozean nahe der Rodriguez Triple Junction gestartet. Die Aktivitäten basieren auf früheren deutschen Forschungsfahrten in die gleiche Region, die bereits 1983 begonnen haben. In den Jahren 2011 bis 2014 wurden vier Prospektionsfahrten in das Gebiet durch die BGR durchgeführt. Dabei wurden bathymetrische, geophysikalische, geologische und Umweltdaten aufgenommen sowie eine Explorationsstrategie für diese Region entwickelt. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Voruntersuchungen wurde am 6. Mai 2015 in Berlin ein Explorationsvertrag zwischen der Internationalen Meeresbodenbehörde (ISA) in Kingston, Jamaika, und der BGR unterzeichnet. Dieser Explorationsvertrag ermächtigt und verpflichtet Deutschland, vertreten durch die BGR, zu einem 15-jährigen Explorationsprogramm in diesem Lizenzgebiet. Das Lizenzgebiet ist in insgesamt 100, 10 km x 10 km große Blöcke aufgeteilt, die in 12 Clustern entlang des südlichen Zentralindischen und des nördlichen Südostindischen Rückens organisiert sind (Abb. 1). Neben der konkreten Abschätzung des Rohstoffpotenzials der SMS-Vorkommen werden auch umfangreiche Untersuchungen zum Schutz und Erhalt der marinen Umwelt durchgeführt.

Das INDEX Explorationsprogramm startete 2015 mit jährlichen Ausfahrten und beinhaltete ein Gesteins- und Sedimentbeprobungsprogramm, die Messung ozeanographischer Parameter sowie Biodiversitäts- und Habitatuntersuchungen und geophysikalische Vermessungen. Bei fast allen Ausfahrten standen für Beprobungs- und Vermessungszwecke ein ROV sowie in einem Fall auch ein AUV zur Verfügung.

Bis Ende 2022 konnten neben den bereits vorab bekannt zwei aktiven Hydrothermalfeldern KAIREI und EDMOND insgesamt zwölf neue, teilweise inaktive Sulfidvorkommen identifiziert, kartiert und erstmalig beprobt werden. Im Jahr 2016 fand auch die erstmalige 3D-seismische Vermessung des

Cruise SO300/1+2

In 2011, BGR started a prospecting programme for polymetallic sulphides (so-called Seafloor Massive Sulphides, SMS) in the central Indian Ocean near the Rodriguez Triple Junction. The activities are based on previous German research projects to the same region, which began as early as 1983. Between 2011 and 2014, four prospecting cruises were carried out in the area by BGR. Bathymetric, geophysical, geological, and environmental data were recorded and an exploration strategy for this region was developed. Based on the results of these preliminary investigations, an exploration contract between the International Seabed Authority (ISA) in Kingston, Jamaica, and BGR was signed in Berlin on 6 May 2015. This exploration contract authorises and commits Germany, represented by BGR, to a 15-years exploration programme in this licence area. The licence area is divided into a total of 100, 10 km x 10 km blocks organised in 12 clusters along the southern Central Indian Ridge and the northern South East Indian Ridge (Fig. 1). In addition to the specific assessment of the mineral resource potential of the SMS deposits, extensive studies are also being carried out to protect and conserve the marine environment.

The INDEX exploration programme started in 2015 with annual cruises and included a rock and sediment sampling programme, the measurement of oceanographic parameters as well as biodiversity and habitat surveys and geophysical investigations. An ROV and, in one case, an AUV were available for sampling and surveying purposes on almost all cruises.

By the end of 2022, in addition to the two previously known active hydrothermal fields KAIREI and EDMOND, a total of twelve new, partially inactive sulphide deposits were identified, mapped and sampled for the first time. In 2016, the first 3D seismic survey of the EDMOND-GAUSS-SCORE area

EDMOND-GAUSS-SCORE Areal (Cluster 4) im Rahmen der Lizenzarbeiten statt.

Ziel der geplanten Forschungsfahrt SO300 ist es, mit Hilfe moderner rohstoffgeologischer Explorationstechniken Metallsulfidvorkommen zu identifizieren, die unterhalb der Austrittsstellen ehemals aktiver, heißer Quellen am Meeresboden („schwarze Raucher“) entstanden sind. Neben diesem Ziel widmet sich die Ausfahrt SO300 begleitenden Umweltuntersuchungen sowie der geophysikalischen Detailkartierung bekannter Sulfidvorkommen.

Die Ausfahrt wird in zwei Fahrtabschnitten durchgeführt. Leg SO300/1 konzentriert sich auf elektromagnetische Vermessungen an den bekannten JIM, SOORAJ und ALPHA Sulfidvorkommen. Leg SO300/2 führt wesentlich die regionale und lokale Sulfidexploration und die geologische Beprobung in Gebieten mit erhöhtem Lagerstättenpotenzial durch. Die Explorationsarbeiten werden bei beiden Abschnitten von Untersuchungen zur Biodiversität, Biogeochemie und Ozeanographie begleitet.

Fahrt SO301

Die Forschungsfahrt SO301 hat zum Ziel, ein Störungssystem am Zentralindischen Rücken seismisch abzubilden, um ein besseres System- und Prozessverständnis von Magmatismus und Krustendehnung zu gewinnen.

An langsam spreizenden mittelozeanischen Rücken findet ein Wechselspiel von magmatischer Neubildung ozeanischer Kruste und tektonischer Extension statt. Während tektonischer Dehnungsphasen werden an großen langlebigen Abschiebungsflächen ozeanische Tiefengesteinkomplexe (*Oceanic Core Complexes, OCC*) aus der Unterkruste bzw. oberem Mantel bis an den Meeresboden gehoben. Das ausgeprägte Störungssystem im Umfeld dieser Abschiebungsflächen bietet zahlreiche Wegsamkeiten für Fluide. Sind zusätzlich magmatische Wärmequellen vorhanden, können sich aktive Hydrothermalsysteme ausbilden, die sich zu potenziellen Lagerstätten für Massivsulfide entwickeln können. Dieser Zusammenhang zwischen ozeanischen Tiefengesteinkomplexen, Störungssystemen und Hydrothermalsystemen

(Cluster 4) also took place as part of the licence work.

The objective of the planned research cruise SO300 is to identify metal sulphide deposits that have developed below the seafloor at formerly active emanation sites ("black smokers") with the help of modern geological exploration techniques. In addition to this objective, during the SO300 cruise environmental surveys and detailed geophysical mapping of known sulphide occurrences will be carried out.

The cruise will be conducted in two legs. Leg SO300/1 focuses on electromagnetic surveys of the known JIM, SOORAJ and ALPHA sulphide deposits. Leg SO300/2 will essentially carry out regional and local sulphide exploration and geological sampling in areas of enhanced resource potential. The exploration work is accompanied by biodiversity, biogeochemistry and oceanography studies for both legs.

Cruise SO301

The main target of survey SO301 is a seismic image of the Central Indian Ridge in order to better understand structures and processes of magmatism and crustal extension.

At slow spreading ridges, phases of magmatic accretion alternate with phases of tectonic stretching and consequently faulting on different scales. The long-living large detachment faults lead to the formation of Oceanic Core Complexes (OCC), which represent exhumed lower crustal or upper mantle material being raised to the seafloor. Results will allow to validate competing conceptual OCC models by seismic imaging – the missing tool in order to resolve the crustal structure and fault system at depth. Faults are potential pathways for fluids which might develop to hydrothermal systems in combination with magmatic heat sources. Here, we study the link between OCCs, fault systems and hydrothermal vents by seismic imaging. The study area north of the Rodriguez triple junction represents an exciting key section of

soll in diesem Projekt durch ein strukturelles seismisches Abbild sichtbar gemacht werden. Das Zielgebiet am zentralindischen Rücken liegt direkt nördlich des Rodriguez Tripelpunktes. Bei 25 °S befinden sich ein prominenter großer OCC und das aktive Kairei Hydrothermalfeld. Beide Strukturen werden auf dieser Expedition geophysikalisch mit i) einem Netz von seismischen Reflexionsprofilen mit 8 km Hydrophonstreamer, ii) 48 Ozeanbodenseismometern (OBS) und iii) Potentialmethoden untersucht. Die OBS bilden zwei Refraktionslinien und zwei 3D Arrays für Tomographie um den OCC und Kairei.

Im Nebennutzerprojekt **KaBa** wird der hydrothermale Plume des Kairei Hydrothermalfeldes (25°19.17'S, 70°02.40'O) untersucht. Hier führt der hohe Wärmefluss und Reaktionen des Meerwassers mit den Tiefengesteinen zur Lösung von reduzierten Metallen, Schwefelverbindungen und energiereichen Gasen, die weit in die Wassersäule aufsteigen. Diese Komponenten leisten einen bisher nicht quantifizierten Beitrag zur Biogeochemie des Tiefenwassers. Die Plumes stellen außerdem eine Quelle wichtiger Spurenelemente für das Leben in den Ozeanen dar. Im Projekt KaBa werden wir die Auswirkungen dieser Vents auf die Ozeane mithilfe von mit physikochemischen, geochemischen und molekularbiologischen Methoden erforschen.

the Central Indian Ridge including the huge 25 °S OCC and the active Kairei hydrothermal vent system. We investigate these targets by geophysical imaging with

i) a dense grid of multichannel seismic lines with 8 km hydrophone cable length, ii) two refraction lines with 28 ocean bottom seismometers (OBS), and iii) two OBS arrays around the OCC and the Kairei hydrothermal field. By joint interpretation of these imaging methods, we aim to progress our understanding of the interactions between magmatism, faulting, OCC formation and hydrothermal activity at slow spreading ridges.

*In the **KaBa** side project, we will study the hydrothermal plume of the Kairei hydrothermal field (25°19.17'S, 70°02.40'E). The high heat flux and seawater-rock interaction lead to the dissolution of reduced metals, sulfur compounds and energy-rich gases, which rise far into the water column. These components make an as yet unquantified contribution to the biogeochemistry of the deep water. The plumes are also a source of important trace elements for life in the oceans. In the KaBa project, we will investigate the impact of these vents on the oceans using physicochemical, geochemical and molecular biological methods.*

Wissenschaftliches Programm

Das erste Ziel der Reise ist es, festzustellen, ob das Flankensegment, das 2018 am Anak Krakatau kollabierte, in eine blockartige Trümmerlawine zerfiel oder als ein oder mehrere intakte Segmente verschoben wurde. Dazu ist es notwendig, die innere Architektur der Blöcke zu rekonstruieren, die basale Gleitebene (oder Scherzone) der Ablagerungen zu charakterisieren und die Wechselwirkung zwischen der gleitenden Masse und den Sedimenten des Meeresbodens zu analysieren. Dies kann mit Hilfe von Airgunreflexionsseismikdaten erreicht werden.

Das zweite Ziel der Fahrt ist die Rekonstruktion und Parametrisierung möglicher Tsunamiquellmechanismen für den Ausbruch des Krakatau 1883. Die Tsunamientstehung während der Eruption von 1883 wird hauptsächlich auf die Ablagerung von pyroklastischen Strömen zurückgeführt. Die Explosion durch die gewaltige Eruption selbst und der Calderakollaps stellen zusätzliche Tsunamiursachen dar. Seismische Profile rund um den Krakatauarchipel werden es ermöglichen, die Mächtigkeit der Ablagerungen von pyroklastischen Strömen in den verschiedenen Phasen der Ablagerung von pyroklastischen Strömen zu kartieren. In Kombination mit historischen bathymetrischen Messungen aus der Zeit vor und unmittelbar nach der Eruption werden wir in der Lage sein, das Volumen der Ablagerungen zu bestimmen. Seismische Profile der Krakataucaldera werden es ermöglichen, ihre Struktur und Entstehungsweise einzugrenzen, was bei der Bewertung des damit verbundenen Tsunamipotenzials hilfreich sein kann, sowie die Dimensionen eines möglichen Explosionskraters zu ermitteln und zu quantifizieren.

Das dritte Ziel der Fahrt ist die Erstellung einer seismisch-stratigraphischen Aufzeichnung von Ablagerungen vulkanischer Massentransporte an der Südflanke des Krakatau. Diese Aufzeichnungen können als Anhaltspunkte für großflächige explosive Eruptionen oder größere Gebäudeeinstürze dienen und

Scientific Programme

The first objective of the cruise is to determine whether the flank segment that collapsed in 2018 at Anak Krakatau disintegrated into a blocky debris avalanche or was displaced as one or multiple intact segments. This requires to reconstruct the internal architecture of the blocks, to characterize the basal slide plane (or shear zone) of the deposits and to analyze the interaction between the sliding mass and seafloor sediments. This will be achieved with using airgun reflection seismic data.

The second objective of the cruise is to reconstruct and parameterize potential tsunami source mechanisms for the 1883 Krakatau eruption. Tsunami genesis during the 1883 eruption is mainly attributed to the emplacement of pyroclastic flows. The blast by the violent eruption itself and caldera collapse represent additional tsunami source mechanisms. Seismic profiles around the Krakatau archipelago will allow mapping the thickness of pyroclastic flow deposits of the multiple phases of pyroclastic flow emplacement. In combination with historic bathymetric measurements from before and directly after the eruption, we will be able to determine the volume of the deposits. Seismic profiles of the Krakatau caldera will allow constraining its structure and formation style, which may help evaluating the related tsunami potential, as well as to detect and quantify the dimensions of a potential explosion crater.

The third objective of the cruise is to compile a seismo-stratigraphic record of volcanic mass-transport deposits on Krakatau's southern flank. Such a record may be used as a proxy for large-scale explosive eruptions or major edifice collapses and allow to determine whether eruptions with the magnitude

ermöglichen, es festzustellen, ob Eruptionen in der Größenordnung des Ausbruchs von 1883 für Krakatau üblich sind. Außerdem könnte es möglich sein, erste Schätzungen der Wiederholungsraten für solche Ereignisse zu erstellen.

Das vierte Ziel der Fahrt ist die Rekonstruktion des Massentransfers während des Kollapses von 2018 und der seitherigen Materialumlagerung. Die Unterwassermessungen haben zum Ziel, die Massentransfers während des Einsturzes 2018 und die Materialumlagerung seither zu rekonstruieren. Innerhalb dieser (fast) fünf Jahre setzte Anak Krakatau seine eruptive Aktivität fort, ein neues Lavastromdelta bildete sich an der SW-Flanke und geodätische Beobachtungen deuten auf ein fortgesetztes Abrutschen der Flanke nach SW hin. Um eine Verbindung zwischen dem Unterwasserbereich und diesen subaerischen Veränderungen herzustellen, wird die Expedition der RV SONNE von einer Drohnenuntersuchung begleitet, bei der eine detaillierte photogrammetrische Datenbank geomorphologische und strukturelle Studien an Land ermöglichen soll.

of the 1883 eruption are common for Krakatau. Furthermore, it might be possible to provide first-order estimates of recurrence rates for such events.

The fourth objective of the cruise is to reconstruct the mass transfers during the 2018 collapse and material redeposition since then. The submarine measurements have the aim to reconstruct mass transfers during the 2018 collapse and material redeposition since then. Within these (almost) five years, Anak Krakatau continued the eruptive activity, a new lava flow delta formed on the SW flank, and geodetic observations suggest continued flank slip to the SW. To link the submarine to these subaerial changes, the RV SONNE expedition will be escorted by a drone survey, where a detailed photogrammetric database shall allow geomorphological and structural studies on land.

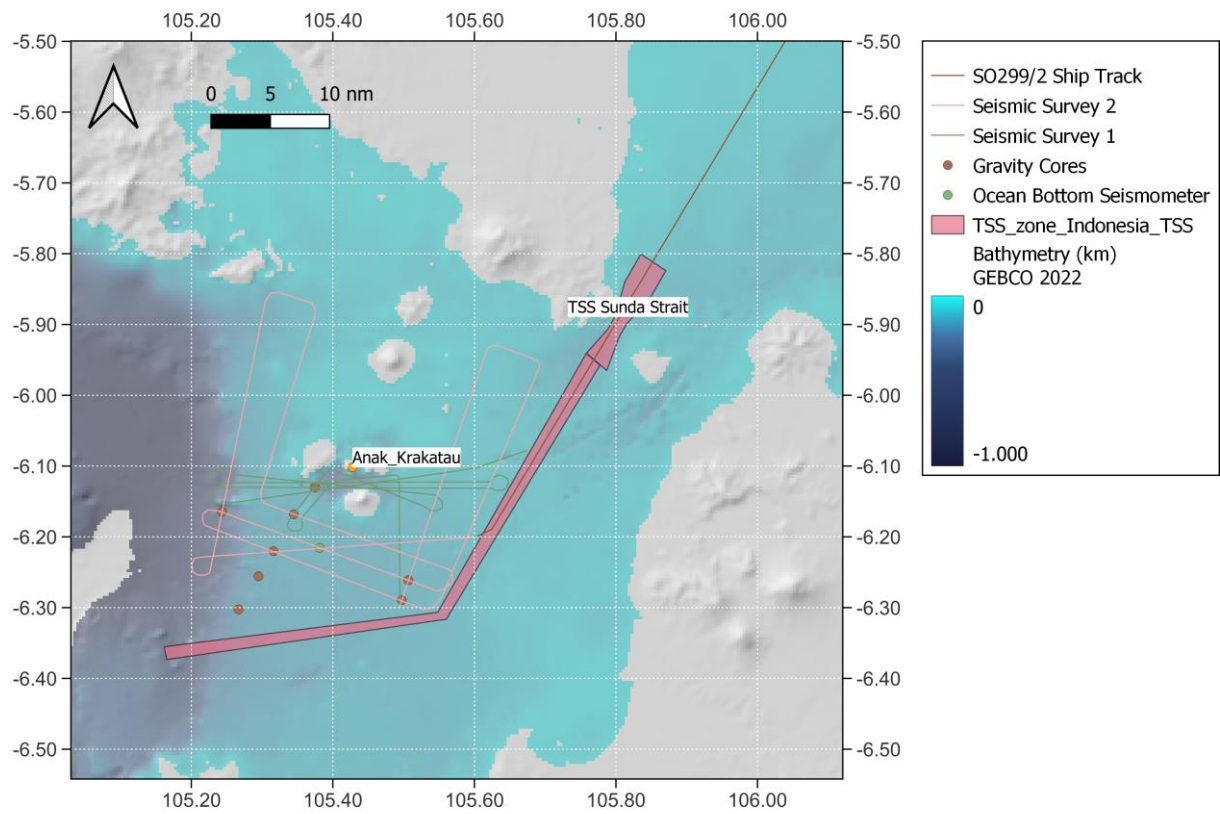


Abb. 2 Das Arbeitsgebiet der Expedition SO299-2.

Fig. 2 The working area of cruise SO299-2.

Arbeitsprogramm

Die Fahrt wird von Singapur aus beginnen, was eine ca. 60-stündige Überfahrt zum Arbeitsgebiet erfordert. Zunächst wird südlich des Krakatau-Archipels ein einzelnes Ozeanbodenseismometer (OBS) ausgebracht und ein Schallgeschwindigkeitsprofil aufgenommen. Bei geringer vulkanischer Aktivität, die in Zusammenarbeit mit der örtlichen Vulkanbeobachtungsstelle überwacht wird, beginnen wir das seismische 2D-Programm mit Survey 1. Diese Untersuchung besteht aus 7 seismischen Profilen, die die Krakatau-Caldera durchqueren. Untersuchung 1 hat eine kombinierte Profillänge von 140 nm und wird ~32 Stunden dauern. Im Anschluss daran wird eine weitere seismische 2D-Untersuchung durchgeführt, deren seismische Profile die zuvor ausgebrachten OBS und die Gebiete westlich, östlich und südlich von Krakatau durchqueren werden. Die Untersuchung 2 hat eine Länge von 195 nm und ihre Erfassung wird ~45 Stunden dauern. Am Ende der seismischen 2D-Untersuchung werden wir die OBS mit Hilfe ihrer akustischen Auslöser bergen, was etwa 1,5 Stunden dauern wird. Anschließend werden an drei Stellen Sedimentkerne mit einem "Scheren"-Schwerkraftbohrer entnommen. Während der seismischen Profilierung und bei allen Überfahrten zwischen den Stationen werden Fächerecholotbathmetriedaten und Parasounddaten erfasst.

Das Untersuchungsgebiet stellt eine große Herausforderung dar, da die Gebiete nördlich des Krakatau teilweise flacher als 20 m sind und die eruptive Aktivität des Krakatau episodisch auftritt. Das Arbeitsprogramm wird entsprechend den Umweltbedingungen angepasst.

Work Programme

The cruise will start from Singapore, which requires a ~60 hours transit to the working area. The first step is deploying a single Ocean-Bottom-Seismometer (OBS) south of the Krakatau Archipelago and taking a sound velocity profile. In case of low volcanic activity, which will be monitored in collaboration with the local volcano observatory, we will start the 2D seismic programme with Survey 1. This survey consists of 7 seismic profiles crossing the Krakatau caldera. Survey 1 has a combined profile length of 140 nm and will take ~32 hours. Following on another 2D seismic survey will be realized, the seismic profiles of which will cross the previously deployed OBS and the areas west, east and south of Krakatau. Survey 2 has a length of 195 nm and its acquisition will take ~45 hours. At the end of the 2D seismic survey, we will recover the OBS using their acoustic releases, which will take ~1.5 hours. Sediment cores using a "scissor" gravity corer system will then be taken from three coring locations. During seismic profiling and all transits between stations multibeam bathymetry and Parasound data will be acquired.

The study area is challenging as areas north of Krakatau are partly shallower than 20 m and the episodic eruptive activity of Krakatau. The work programme will be adapted according to the environmental conditions.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise SO299/2**

	Tage/days
Auslaufen von Singapur (Republik Singapur) am 15.08.2023 <i>Departure from Singapore (Republic of Singapore) 15.08.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	2,5
Forschung <i>Research activities</i>	4
Transit zum Hafen Port Louis, Mauritius <i>Transit to port Port Louis, Mauritius</i>	11,5
Total	19
Einlaufen in Port Louis, Mauritius am 02.09.2023 <i>Arrival in Port Louis, Mauritius, 02.09.2023</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

DWD

Deutscher Wetterdienst
Seeschiffahrtsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
20359 Hamburg
Germany

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
24148 Kiel
Germany

GFZ

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Wissenschaftspark Albert Einstein
Telegrafenberg
14473 Potsdam
Germany

ICBM

Institut für Chemie und Biologie des Meeres
Universität Oldenburg
Schleusenstr. 1
26382 Wilhelmshaven
Germany

Universität Hamburg

Institut für Geophysik
Bundesstraße 55
20146 Hamburg
Germany

University of Birmingham

Earth Sciences,
Edgbaston, Birmingham,
B15 2TT
UK

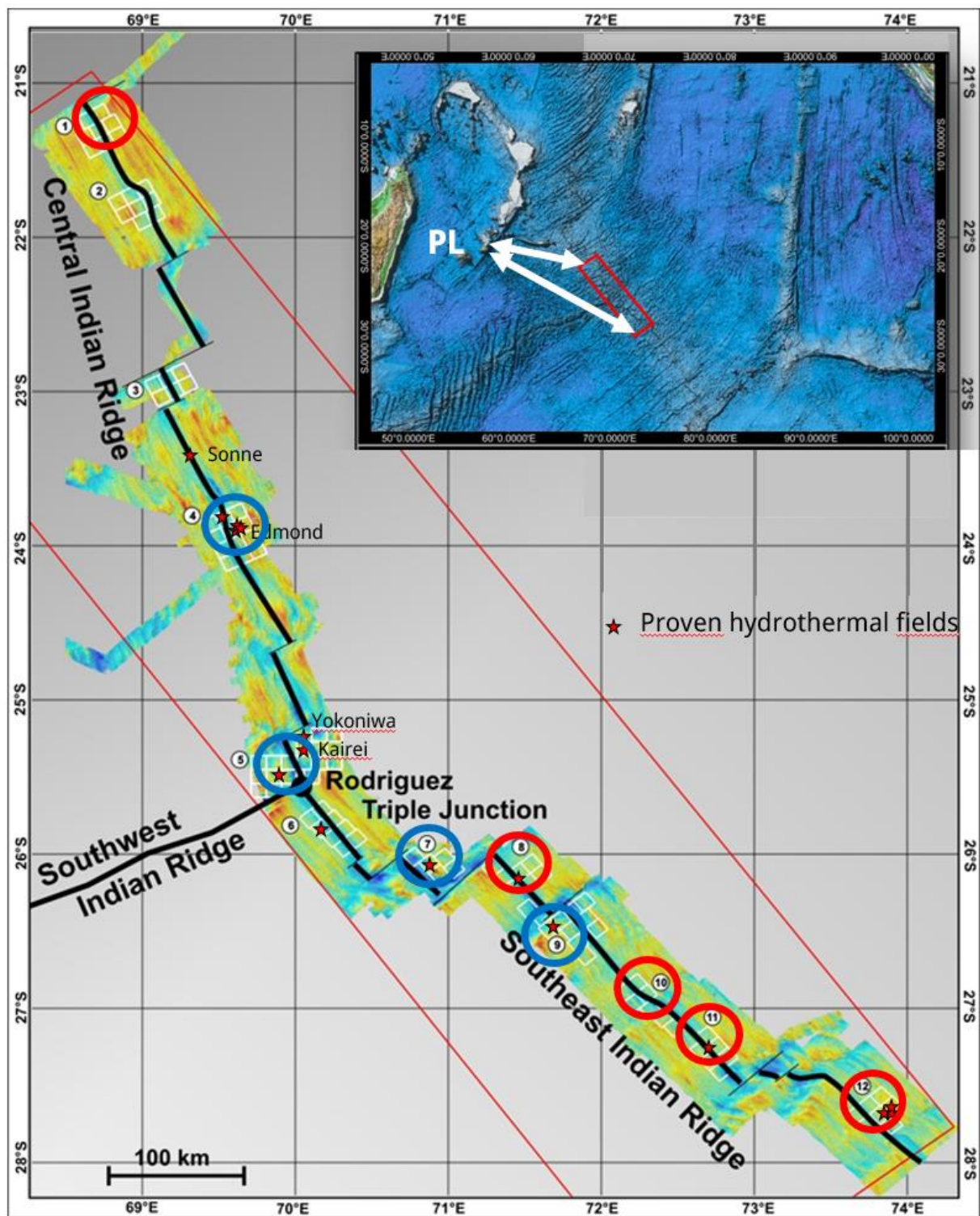


Abb. 3 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der SONNE Expeditionen SO300/1 (blaue Kreise) und SO300/2 (blaue und rote Kreise). Start- und Zielhafen Port Louis (PL) auf Mauritius. Die Zahlen stellen die Clusternummern dar.

Fig. 3 Planned cruise tracks and working areas of SONNE cruises SO300/1 (blue circles) & 300/2 (blue and red circles). Both legs start and end in Port Louis (PL, Mauritius). Numbers represent cluster numbers.

Wissenschaftliches Programm

Das wissenschaftliche Programm der Ausfahrt SO300 (INDEX2023) setzt die Exploration im Umfeld der Rodrigues Triple Junction entlang des südlichen Endes des Zentralindischen Rückens und des nördlichen Südostindischen Rückens fort. Die Fahrt besteht aus zwei Fahrtabschnitten. Leg 300/1 (15 Arbeitstage) unternimmt detaillierte geophysikalische Messungen mit den Messsystemen GOLDEN EYE (elektromagnetischer Profiler) und HOMESIDE/VULCAN (tiefgeschleppter Bathymetrieschlitten mit dreiachsigen Eigenpotenzialempfänger Schleppkörpern) der BGR. GOLDEN EYE wird zum Meeresboden geführt und die aktiven elektromagnetischen und magnetischen Messungen werden entlang enger äquidistanter Profillinien und Stationen an den bekannten Sulfidarealen JIM (Cluster 09) und SORAAJ (Cluster 07) durchgeführt. Die hochauflösenden Videokameras von GOLDEN EYE ermöglichen eine systematische Erfassung der Makrofauna entlang der Messprofile über den Sulfidfeldern und ihrer Umgebung. Mit HOMESIDE/VULCAN werden bei geringer Schlepphöhe von ca. 50 m über dem Meeresboden flächenhafte Vermessungen von ultrahochauflösender Bathymetrie und elektrischem Eigenpotenzial direkt über und in der Umgebung der Sulfidareale JIM und SORAAJ sowie in einem Teilbereich des ALPHA-Feldes (Cluster 04) ausgeführt. Im Bereich des KAIREI-Feldes (Cluster 05) ist das Absetzen von bis zu fünf Ozeanbodenseismometern (OBS) zur Aufzeichnung der von Fluidaufstiegen im Untergrund ausgelösten Mikro-seismizität geplant. Wegen der Kleinräumigkeit der Sulfidareale als Zielgebiet ist die übliche Technik des Aussetzens der OBS im freien Fall durch die Wassersäule zu ungenau. In diesem Fall soll deshalb erstmalig bei der BGR ein kontrolliertes Absetzen der OBS aus einem videogeführten Träger am Meeresboden erfolgen. Detaillier-

Scientific Programme

The scientific programme of cruise SO300 (INDEX2023) continues exploration in the vicinity of the Rodrigues Triple Junction along the southern end of the Central Indian Ridge and the northern Southeast Indian Ridge.

The cruise consists of two legs:

Leg 300/1 (15 working days) will undertake detailed geophysical measurements with BGR's GOLDEN EYE (electromagnetic profiler) and HOMESIDE/VULCAN (deep towed bathymetric sled with tri-axial self-potential receivers) measurement systems. GOLDEN EYE will be guided to the seafloor and active electromagnetic and magnetic measurements will be carried out along narrow equidistant profile lines and stations at the known sulphide areas JIM (cluster 09) and SORAAJ (cluster 07). The high-resolution video cameras of GOLDEN EYE enable a systematic recording of the macro-fauna along the profiles above the sulphide fields and their surroundings. With HOMESIDE/VULCAN, area-wide surveys of ultra-high resolution bathymetry and electrical self-potential are carried out directly above and in the vicinity of the sulphide fields JIM and SORAAJ as well as in parts of the ALPHA field (cluster 04) at a low towing height of approx. 50 m above the seafloor. In the area of the KAIREI field (cluster 05), the deployment of up to five ocean bottom seismometers (OBS) is planned to record the micro-seismicity triggered by fluid upwelling in the subsurface. Due to the small scale of the sulphide occurrences as target area, the usual technique of deploying the OBS in free fall through the water column is too inaccurate. In this case, for the first time at the BGR, the OBS will be released from a video-guided carrier on the seafloor in a controlled manner. Detailed magnetic and gravity measurements as well as heat flow measurements complete the measurement programme.

te Magnetik- und Schweremessungen sowie Wärmestrommessungen ergänzen das Messprogramm.

Fahrabschnitt SO300/2 (40 Arbeitstage) führt Explorations- und Umweltarbeiten in den Clustern 04, 05, 07-12 mit dem Ziel durch, neue Hydrothermalsysteme in den genannten Clustern zu finden und bereits bekannte Massivsulfidvorkommen im Detail zu untersuchen. Ein ferngesteuertes Tauchfahrzeug (das kanadische ROV ROPOS), das mit einem System zur Beprobung von Hochtemperaturfluiden sowie mit einem Bohrsystem ausgerüstet ist, wird für diese Ziele ebenso eingesetzt wie klassische geologische Kartier- und Probenahmesysteme wie tiefgeschleppte Bathymetrie-, Video- und Sensorschlitten, ein Schwerelot sowie eine CTD/Rosette.

Die regionale, hochauflösende Kartierung von Meeresbodenstrukturen in Kombination mit der Online-Messung von geophysikalischen Parametern wie des elektrischen Eigenpotenzials erfolgt mit dem tiefgeschleppten, BGR-eigene HOMESIDE-System. Dadurch können Formationen am Meeresboden detektiert werden, die auf vorwiegend inaktive Massivsulfidvorkommen hindeuten. Mit Hilfe des ferngesteuerten Tauchbootes ROPOS können diese Strukturen am Meeresboden detailliert untersucht werden. Der Fokus dieser Arbeiten liegt in Arealen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit von Massivsulfidvorkommen, die aus unseren bisherigen Erkundungsarbeiten hervorgegangen sind. Dazu gehören beispielsweise sich kreuzende Störungsstrukturen, die mit jungen Vulkanbauten assoziiert sind (z.B. in den Clustern 04 und 12), Bereiche mit exhumierter tiefer ozeanischer Lithosphäre (z.B. in den Clustern 05, 07 und 09) oder Transformstörungen zweiten Grades (sog. Non-Transformstörungen), die magmatische Rückensegmente versetzen (z.B. in Cluster 09).

Für die Bewertung des Lagerstättenpotenzials einerseits, wie auch des Umweltinventars andererseits, ist eine genaue Kartierung der einzelnen Hydrothermalsysteme erforderlich. Diese Arbeiten werden in den bereits bekannten SMS-Vorkommen

Cruise leg SO300/2 (40 working days) will carry out exploration and environmental work in clusters 04, 05, 07-12 with the aim to find new hydrothermal systems in the mentioned clusters and to investigate already known massive sulphide occurrences in detail. A remotely operated vehicle (the Canadian ROV ROPOS) equipped with a high-temperature fluid sampling system and a drilling system (ROCS) will be used for these objectives, as well as classic geological mapping and sampling tools such as deep-towed bathymetry, video and sensor systems, a gravity corer and a CTD/rosette.

The regional, high-resolution mapping of seafloor structures in combination with the online measurement of geophysical parameters such as the electrical self-potential is carried out with the deep-towed, BGR-owned HOMESIDE system. This way, predominantly inactive massive sulphide deposits should be detected. With the help of the remotely operated vehicle ROPOS, these structures on the seafloor can be investigated in detail. The regional focus of this work is on areas with an increased probability to contain massive sulphide occurrences based on our previous exploration work. These include, for example, intersecting fault structures associated with young volcanic edifices (e.g. in clusters 04 and 12), areas of exhumed deep oceanic lithosphere (e.g. in clusters 05, 07 and 09), or non-transform faults that offset magmatic ridge segments (e.g. in cluster 09).

For the assessment of the resource potential on the one hand, as well as the environmental inventory on the other hand, a precise mapping of the individual hydrothermal systems is required. This work will be continued in the already known SMS deposits and started in

fortgesetzt und an den neu entdeckten begonnen. Hierfür werden geologische Karten des Meeresbodens entwickelt, Gesteins-, Sediment- und Fluidproben genommen, die benthische Fauna beprobt und Besiedlungsexperimente durchgeführt.

Für die großräumige regionale Untersuchung der ozeanographischen Wassermassen sowie des darin erfolgenden Partikelflusses zum Meeresboden werden seit 2014 Verankerungen mit Sinkstofffallen, Strömungsmessern und Passivsamplern (zur Bestimmung der bioverfügbaren, im Meerwasser gelösten Metalle) in verschiedenen Bereichen des Lizenzgebietes eingesetzt. Diese Verankerungen werden auf der anstehenden Reise geborgen, Proben und Daten entnommen, gewartet und wieder ausgesetzt.

the newly discovered ones. For this purpose, geological maps of the seabed will be developed, rock, sediment and fluid samples will be taken, the benthic fauna will be sampled and re-colonisation experiments will be carried out.

Since 2014, moorings with sediment traps, current meters and passive samplers (for the determination of bioavailable metals dissolved in seawater) have been deployed in various areas of the licence area for the large-scale regional investigation of the oceanographic water masses as well as the particle flux to the seafloor. These moorings will be recovered, sampled and data collected, maintained and re-deployed during the upcoming cruise.

Arbeitsprogramm

Ausfahrt SO300/1 (INDEX 2023/1) hat die Untersuchung der zentralen Explorationscluster entlang des südlichsten Zentralindischen und des nördlichen Südostindischen Rückens zum Ziel. Nach Verlassen von Port Louis für Leg 1 und im Transit zum Arbeitsgebiet werden im Bereich der Exklusiven Wirtschaftszone (EEZ) von Mauritius Unterwegsdaten der Bathymetrie und Gravimetrie aufgezeichnet. Bisher gibt es nur sehr wenige Daten aus diesem Seegebiet und in Kooperation mit Wissenschaftlern und Behörden auf Mauritius sollen die Transitsfahrten für den Beginn einer bathymetrischen Kartierung genutzt werden, die auch Eingang in den Datensatz für die Initiative Seabed 2030 zur Kartierung der Welt-ozeane finden wird.

Die detaillierten geophysikalischen Vermessungen an den Sulfidfeldern werden nach 4 Tagen Transit im Cluster 09 beginnen (8 Arbeitstage, AT) und im Cluster 06 fortgesetzt (4 AT). Für das kontrollierte Absetzen der OBS in Cluster 05 ist 1 AT vorgesehen, für die abschließenden Arbeiten in Cluster 04 stehen nach Berücksichtigung der Transitzeiten zwischen den Arbeitsgebieten weitere 2 AT zur

Verfügung. Der Rücktransit nach Port Louis ist mit 4 Tagen angesetzt und wird wiederum für Bathymetriemessungen mit dem EM122 Fächerecholot der SONNE in der EEZ von Mauritius genutzt.

Insgesamt werden die Stationen und Geräteeinsätze auf SO300/1 wie folgt geplant:

- 4 GOLDEN EYE-Stationen á 24h bis 72h, Profilmessungen mit 50 m Stationsentfernung und Profilabständen von 50 m für ein reguläres Profilraster über ein Gebiet von etwa 1 km² für jedes der Zielgebiete;
- 4 HOMESIDE/VULCAN-Stationen á 24h bis 48h, Profilmessungen mit 150 m Profilabstand (insgesamt ca. 150nm@1,5kn);
- 2 OBS-Stationen á 8h;
- Begleitende permanente Aufzeichnung von Gravimetrie und Magnetik mit auf dem Schiff installierten Instrumenten;

Work Programme

Cruise SO300/1 (INDEX 2023/1) aims to investigate the central exploration clusters along the southernmost Central Indian Ridge and the northern Southeast Indian Ridge. After leaving Port Louis for Leg 1 and in transit to the work area, en-route bathymetry and gravimetric data will be recorded in the area of the Exclusive Economic Zone (EEZ) of Mauritius. So far, very little data are available from this area and in cooperation with scientists and authorities on Mauritius, the transits will be used to start bathymetric mapping, which will also find its way into the data set for the Seabed 2030 initiative for mapping the world's oceans.

Detailed geophysical surveys at the sulphide fields will start after 4 days of transit in cluster 09 (8 days) and continue in cluster 06 (4 days). One work day is planned for the controlled drop of the OBS in cluster 05, and a further two days are available for the final work in cluster 04 after taking into account the transit times between the working areas. The return transit to Port Louis is scheduled for 4 days and will again be used for bathymetry measurements with SONNE's EM122 multibeam echo sounder in the EEZ of Mauritius.

Overall, the stations and instrument deployments on SO300/1 are planned as follows:

- *4 GOLDEN EYE stations á 24h to 72h, profile measurements with 50 m station distance and profile spacing of 50 m for a regular profile grid over an area of about 1 km² for each of the target areas;*
- *4 HOMESIDE/VULCAN stations á 24h to 48h, profile measurements with 150 m profile spacing (in total about 150nm@1.5kn);*
- *2 OBS stations á 8h;*
- *Accompanying permanent recording of gravimetry and magnetics with instruments installed on the ship;*

- Unterwegsbathymetrie auf Transits in der EEZ von Mauritius (insgesamt 400nm@10kn);
- Geschleppte Magnetik und Wärmestrommessungen als Reserveprogramm für den Fall von technisch oder wetterbedingtem Ausfall anderer Stationen.

Die Reise SO300/2 beginnt und endet ebenfalls in Port Louis auf Mauritius. Nach Übernahme des Schiffes am 29.09.2023 erfolgt die Mobilisation der umfangreichen Ausrüstung einschließlich eines Hafentests des ferngesteuerten Tauchroboters (ROV) ROPOS. Nach 4-tägigem Transit werden die wissenschaftlichen Arbeiten mit dem Bergen einer Verankerung am Meeresboden im Cluster 01 beginnen. Diese Verankerung wird lediglich geborgen und FS SONNE wird danach ihren Transit in das Cluster 04 fortsetzen. Im Cluster 04 werden detaillierte Untersuchungen in den bereits bekannten Hydrothermalsystemen ALPHA und EDMOND-GAUSS-SCORE fortgesetzt. Dazu gehören die Bergung von drei Inkubatoren mit seit 2019 ausgesetzten Besiedlungsexperimenten auf unterschiedlichem Substrat, die Entnahme von Hydrothermalfluid sowie biologischen Proben im ALPHA-Feld, die geologische Kartierung der Ausdehnung des ALPHA-Feldes sowie die Entnahme von Sedimentkernen in Arealen mit hydrothermalen Sedimenten. Darüber hinaus wird eine lange Verankerung (ca. 2.800 m Länge) mit drei Sedimentfallen, Strömungsmessern und Passive Samplern geborgen, gewartet und wieder ausgesetzt sowie eine kurze Verankerung (30 m) mit einem Fischköder und einer Kamera für 15 Stunden ausgesetzt. Hochauflösende bathymetrische Kartierungen mit dem HOMESIDE-System ergänzen die Arbeiten in CL 04.

In Cluster 05 wird die in CL 01 geborgene Verankerung im oder nahe am KAIMANA-Feld wieder ausgesetzt. Die weiteren Arbeiten in CL 05 umfassen voraussichtlich zwei ROPOS-Tauchgänge, die Entnahme von Sedimentkernen, das Aussetzen der Fischkamera für 15 Stunden und bathymetrische Kartierungen mit HOMESIDE.

- *En route bathymetry on transits in the EEZ of Mauritius (total 400nm@10kn);*
- *Towed magnetics and heat flux measurements as a back-up programme in case of technical or weather-related failure of other stations.*

Cruise SO300/2 also starts and ends in Port Louis on Mauritius. After taking over the vessel on 29 September 2023, the mobilisation of the extensive equipment including a port test of the remotely operated vehicle (ROV) ROPOS will take place. After 4 days of transit, the scientific work will start with the recovery of a mooring on the seafloor in Cluster 01. This mooring will only be recovered and RV SONNE will then continue her transit to Cluster 04. In Cluster 04, detailed investigations will continue in the already known hydrothermal fields ALPHA and EDMOND-GAUSS-SCORE. This work includes the recovery of three incubators with colonisation experiments on different substrates that have been deployed in 2019, the collection of hydrothermal fluids as well as biological samples in the ALPHA field, the geological mapping of the extent of the ALPHA field, and the collection of sediment cores in areas with hydrothermal sediments. In addition, a long mooring (approx. 2,800 m long) with three sediment traps, current meters and passive samplers will be recovered, maintained and released, and a short mooring (30 m) with a fish bait and camera will be released for 15 hours. High resolution bathymetric mapping with the HOMESIDE system complements the work in CL 04.

In cluster 05, the mooring recovered in CL 01 will be re-deployed in or near the KAIMANA field. Further work in CL 05 is expected to include two ROPOS dives, sediment coring, deployment of the fish camera for 15 hours and bathymetric mapping with HOMESIDE.

Anschließend versetzt FS SONNE in das Cluster 07. Dort werden sog. Rekolonialisierungsexperimente im SOORAJ-Hydrothermalfeld mittels ROV ROPOS geborgen, die 2022 ausgesetzt wurden. Während dieses ROPOS-Tauchganges werden erstmalig Hydrothermalfluide von diesem aktiven System genommen. Diese Arbeiten werden durch weitere, hochauflösende bathymetrische Kartierungen und die Entnahme von einem Sedimentkern ergänzt. Zum Abschluss wird eine Verankerung im Cluster 07 geborgen.

Im ca. 60 nm weiter südöstlich gelegenen Cluster 08 sind je eine ROPOS- und eine HOMESIDE-Station im Umfeld des PELAGIA-Hydrothermalfeldes geplant. Anschließend versetzt FS SONNE in Cluster 10, ca. 130 nm südöstlich von CL 08. Schwerpunkt der Arbeiten in CL 10 sind hochauflösende bathymetrische Kartierungen sowie das Bergen einer weiteren Verankerung. Diese Verankerung wird mit jener aus CL 07 kombiniert und in Cluster 09, wohin sich FS SONNE nach Abschluss der Arbeiten in CL 10 bewegt, wieder am Meeresboden installiert.

Ein wichtiger Schwerpunkt der Untersuchungen im Rahmen der SO300/2 liegt in Cluster 09, im Umfeld des in 2022 neu entdeckten JIM-Feldes. Die Ausdehnung des weitestgehend inaktiven Feldes soll mit ROV ROPOS kartiert und einzelne hydrothermale Hügel detailliert mit Seitensichtsonar und Fotogrammetrie vermessen werden. Die Entnahme von Sedimentkernen wird die Probenahme mittels ROV ergänzen. Regionale bathymetrische Kartierung mittels HOMESIDE soll das Finden eines weiteren, vermutlich aktiven Hydrothermalfeldes ermöglichen, da in 2022 zahlreiche physikochemische Indikationen in der Wassersäule gefunden worden, die auf ein solches aktives Hydrothermalfeld hindeuten. Das JIM-Feld befindet sich in einer Nontransformstörung, zeigt aber auch Anzeichen für die Exhumierung von tieferer ozeanischer Kruste. Ziel der hochauflösenden Bathymetrie ist es daher auch, die Strukturgeologie dieser Region besser zu verstehen.

Subsequently, RV SONNE will move to Cluster 07, where so-called re-colonisation experiments in the SOORAJ hydrothermal field will be recovered using ROV ROPOS, which were deployed in 2022. During this ROPOS dive, hydrothermal fluids will be taken from this active system for the first time. These investigations will be complemented by further high-resolution bathymetric mapping and the collection of a sediment core. Finally, a short mooring (approx. 500 m long) in cluster 07 will be recovered.

In Cluster 08, about 60 nm to the southeast, one ROPOS and one HOMESIDE station are planned in the vicinity of the PELAGIA hydrothermal field. Subsequently, RV SONNE will move to Cluster 10, about 130 nm southeast of CL 08. The work in CL 10 will focus on high-resolution bathymetric mapping and the recovery of another short mooring (of ca. 500 m length). This mooring will be combined with the one from CL 07 and reinstalled on the seafloor in Cluster 09, where RV SONNE will move to after completing the work in CL 10.

An important focus of the investigations within the scope of SO300/2 lies in Cluster 09, in the vicinity of the JIM hydrothermal field newly discovered in 2022. The extent of the largely inactive field will be mapped with ROV ROPOS and individual hydrothermal mounds will be surveyed in detail with side scan sonar and photogrammetry both installed on the BGR-owned video sled STROMER. Sediment coring will complement the ROV ROPOS sampling. Regional bathymetric mapping using HOMESIDE should enable the discovery of another, presumably active hydrothermal field, as numerous physicochemical indications were found in the water column in 2022 that point to such an active hydrothermal field. The JIM field is located in a non-transform fault, but also shows signs of exhumation of deeper oceanic crust. The aim of the high-resolution bathymetry is therefore also to better understand the structural geology of this region.

Anschließend versetzt FS SONNE in das Cluster 11. Im dortigen NEW SONNE-Feld sollen hydrothermale Fluide sowie das biologische Inventar des Feldes beprobt werden. Die Besonderheit dieses Feldes ist die Freilegung der Stockwerksvererzung unterhalb der Black Smoker entlang einer aktiven Abschiebung. Die räumlichen Zusammenhänge aus Vererzung und Strukturgeologie sind das Ziel eines weiteren geologischen ROPOS-Tauchgangs in diesem Feld.

Im Cluster 12, das sich 120 nm südöstlich vom NEW SONNE-Feld befindet, sind derzeit drei Hydrothermalsysteme bekannt. In 2022 wurden Anzeichen für ein weiteres Hydrothermalfeld in bathymetrischen Daten entdeckt, welches nun am Meeresboden mittels ROPOS untersucht werden soll. Darüber hinaus ist die Bergung von Rekolonisierungsexperimenten (ausgesetzt in 2022), eine systematische Fluid- und Benthosprobenahme, fotogrammetrische und Seitensichtsonarvermessungen einzelnen Vererzungsstrukturen sowie eine systematische Schwermetallprobenahme in dieser Region geplant. Für die regionalen biogeochemischen und ozeanographischen Untersuchungen im Rahmen der Lizenzarbeiten wird eine in CL 12 befindliche lange Verankerung mit drei Sedimentfallen, Strömungsmessern und Passiv Samplern geborgen, gewartet und wieder ausgesetzt. Auch das Aussetzen der Fischkamera ist in CL 12 geplant. Hochauflösende bathymetrische Kartierungen sollen Informationen über weitere mögliche Hydrothermalfelder in Cluster 12 liefern.

Parallel zu den laufenden Arbeiten in Cluster 12 wird das ROV ROPOS vom Wissenschaftsmodus in den Bohrmodus umgebaut, wofür inklusive Nasstest zwei Tage veranschlagt werden. Anschließend sind 4-5 Tauchgänge im Bohrmodus geplant, wobei pro Tauchgang vier kurze (1 m Länge) Kerne aus dem Anstehenden erbohrt werden sollen. Diese Bohrungen sind in den Clustern 12, 07 und 05 geplant, sie sollen massive Sulfide, hydrothermal alteriertes Material sowie möglichst frische ultramafische Gesteine erbohren.

Die wissenschaftlichen Arbeiten während SO300/2 werden in Cluster 05 beendet, von wo aus der 4-tägige Transit zum Endhafen in Port Louis angetreten wird.

Afterwards, RV SONNE will move to Cluster 11, where hydrothermal fluids and the biological inventory of the NEW SONNE field will be sampled. The special feature of this field is the exposure of stockwork mineralisation below the black smokers along an active thrust fault. The spatial correlations of mineralisation and structural geology are the objective of another geological ROPOS dive in this field.

In Cluster 12, which is located 120 nm southeast of the NEW SONNE field, three hydrothermal systems are currently known. In 2022, indications of another hydrothermal field were discovered in bathymetric data, which will now be investigated on the seafloor using ROV ROPOS. In addition, recovery of re-colonisation experiments (deployed in 2022), systematic fluid and benthic sampling, photogrammetric and side-scan sonar surveys of individual mineralisation structures and systematic gravity core sampling in this region are planned. A long mooring (ca. 2800 m length) located in CL 12 with three sediment traps, current meters and passive samplers will be recovered, maintained and re-deployed for the regional biogeochemical and oceanographic surveys as part of the licence work. The deployment of the fish camera is also planned in CL 12. High resolution bathymetric mapping will provide information on other possible hydrothermal fields in Cluster 12.

In parallel to the ongoing work in Cluster 12, the ROV ROPOS will be converted from science mode to drilling mode (i.e., installing ROCS onto the ROV), which will take two days including a wet test. Subsequently, 4-5 dives are planned in drilling mode, with four short (1 m long) cores to be drilled from different outcrops per dive. Drill sites are planned in clusters 12, 07 and 05, and will drill massive sulphides, hydrothermally altered material and as fresh ultramafic rocks as possible.

The scientific work during SO300/2 will be completed in cluster 05, from where the 4-day transit to the final port in Port Louis will commence.

Zeitplan / Schedule		Fahrt / Cruise SO300/1
Fahrtabschnitt / Leg SO300/1		
		Tage/days
Auslaufen von Port Louis (Mauritius) am 05.09.2023 <i>Departure from Port Louis (Mauritius) 05.09.2023</i>		
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>		4
Cluster #09	Elektromagnetische (Golden Eye) und HOMESIDE/VULCAN Vermessungen am JIM Sulfidfeld <i>Electromagnetic (Golden Eye) und HOMESIDE/VULCAN surveys at JIM sulphide area</i>	8
Cluster #06,	Elektromagnetische (Golden Eye) und HOMESIDE/VULCAN Vermessungen am SOORAJ Sulfidfeld <i>Electromagnetic (Golden Eye) und HOMESIDE/VULCAN surveys at SOORAJ sulphide area</i>	4
Cluster #05,	Aussetzen von bis zu 5 OBS am KAIREI Sulfidfeld <i>Deployment of up to 5 OBS at the KAIREI sulphide area</i>	1
Cluster #04,	HOMESIDE/VULCAN Vermessungen am ALPHA Sulfidfeld <i>HOMESIDE/VULCAN survey at the APLHA sulphide area</i>	2
Transit zum Hafen Port Louis (Mauritius) am 25.09.2023 <i>Transit to port Port Louis (Mauritius) 25.09.2023</i>		4
Einlaufen in Port Louis (Mauritius) am 28.09.2023 <i>Arrival in Port Louis (Mauritius) 28.09.2023</i>		
Total		23

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise SO300/2**

Fahrtabschnitt / Leg SO300/2	Tage/days
Auslaufen von Port Louis (Mauritius) am 02.10.2023 <i>Departure from Port Louis (Mauritius) 02.10.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	4
Cluster #01, Bergen einer ca. 570 m langen Verankerung mit einer Sedimentfalle <i>Recovery of a ca. 570 m long mooring with one sediment trap</i>	0.5
Cluster #04, Geologische, biologische und weitere Umweltarbeiten in CL 04 einschl. Einholen und Ausbringen einer langen (2840 m) Verankerung <i>Geological, biological and environmental investigations in CL 04 incl. recovery and re-deployment of a long (2840 m) mooring</i>	6
Cluster #05, Geologische, biologische und weitere Umweltarbeiten in CL 05 einschl. Ausbringen einer kurzen (570 m) Verankerung <i>Geological, biological and environmental investigations in CL 04 incl. recovery and re-deployment of a short (570 m) mooring</i>	4
Cluster #07, Geologische und biologische Untersuchungen in CL 07 einschl. Einholen einer kurzen (570 m) Verankerung <i>Geological and biological investigations in CL 07 incl. recovery of a short (570 m) mooring</i>	2
Cluster #08, Geologische und biologische Untersuchungen in CL 08 <i>Geological and biological investigations in CL 08</i>	1
Cluster #09, Geologische, biologische und weitere Umweltarbeiten in CL 09 einschl. Aussetzen einer kurzen (570 m) Verankerung <i>Geological, biological and environmental investigations in CL 09 incl. deployment of a short (570 m) mooring</i>	6.5
Cluster #10, Geologische Untersuchungen und bathymetrische Kartierung in CL 10 einschl. Einholen einer kurzen (570 m) Verankerung <i>Geological investigations and bathymetric mapping in CL 10 incl. recovery of a short (570 m) mooring</i>	2
Cluster #11, Geologische und biologische Untersuchungen in CL 11 <i>Geological and biological investigations in CL 11</i>	2
Cluster #12, Geologische, biologische und weitere Umweltarbeiten in CL 12 einschl. Einholen und Ausbringen einer langen (2840 m) Verankerung <i>Geological, biological and environmental investigations in CL 12 incl. recovery and re-deployment of a long (2840 m) mooring</i>	7
Einsatz des ROV ROPOS im Bohrmodus mit ROCS: 5 Stationen in CL 12, 07, 05 <i>ROPOS deployment in drill mode with ROCS: 5 stations in CL 12, 07, 05</i>	5
Transit im Arbeitsgebiet / <i>transit within the working area</i>	4
Transit zum Hafen Port Louis (Mauritius) am 15.11.2023 <i>Transit to port Port Louis (Mauritius) 15.11.2023</i>	4
Einlaufen in Port Louis (Mauritius) am 19.11.2023 <i>Arrival in Port Louis (Mauritius) 19.11.2023</i>	
Total	48

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

BGR

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover
Germany

Universität Hamburg

Institut für Geologie
Bundesstraße 55
20146 Hamburg
Germany

HafenCity Universität Hamburg

Hydrographie und Geodäsie
Henning-Vorscherau-Platz 1
20457 Hamburg
Germany

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
24148 Kiel
Germany

INES Integrated Environmental Solutions UG

Metzer Weg 14
26382 Wilhelmshaven
Germany

Willie Production

Wendenstraße 45c
20097 Hamburg
Germany

Gibson Geosciences Consultants

59 Waldenwood Road
RR1 Whitefish, Ontario POM 3E0 ON,
Canada

International Seabed Authority

14-20 Port Royal Street
Kingston,
Jamaica

Canadian Scientific Submersible Facility

110-9865 West Saanich Road
North Saanich BC V8L 5Y8,
Canada

Department for Continental Shelf, Maritime Zones Administration & Exploration

Prime Minister's Office
2nd Floor, Belmont House
12 Intendance Street,
Port-Louis 11328,
Mauritius

DWD

Deutscher Wetterdienst
Seeschiffahrtsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
20359 Hamburg,
Germany

Wissenschaftliches Programm

An langsam spreizenden mittelozeanischen Rücken findet ein Wechselspiel von magmatischer Neubildung ozeanischer Kruste und tektonischer Extension statt. Während tektonischer Dehnungsphasen werden an großen langlebigen Abschiebungsflächen ozeanische Tiefengesteinkomplexe (*Oceanic Core Complexes, OCC*) gebildet. Es wird Material aus der Unterkruste bzw. dem oberen Mantel bis an den Meeresboden gehoben. Das ausgeprägte Störungssystem im Umfeld dieser Abschiebungsflächen bietet zahlreiche Wegsamkeiten für Fluide. Sind zusätzlich magmatische Wärmequellen vorhanden, können sich aktive Hydrothermalsysteme ausbilden, die sich zu potenziellen Lagerstätten für Massivsulfide entwickeln können. Dieser Zusammenhang zwischen ozeanischen Tiefengesteinkomplexen, Störungssystemen und Hydrothermalsystemen soll in diesem Projekt durch ein strukturelles seismisches Abbild sichtbar gemacht werden.

Hauptziel ist ein seismisches Abbild des Störungssystems dieses Rückenabschnitts bei 25 °S, um ein besseres System- und Prozessverständnis von Magmatismus und Krustendeformation an langsam spreizenden Rücken zu gewinnen. Um diese dynamischen Prozesse und deren zugrundeliegenden Einflussfaktoren besser zu verstehen, fehlt ein geophysikalischer Blick in die dritte Dimension. Daher werden hier mit reflexions- und refraktionsseismischen Methoden die folgenden konkreten Fragestellungen untersucht:

(1) Aufbau und Entwicklung des OCC

Wie bildet sich die innere Struktur seismisch ab, sind beispielsweise Intrusionen sichtbar, können frühere magnetische Untersuchungen (Sato et al., 2009) mit Hypothesen zur Bildungsgeschichte verifiziert werden?

Scientific Programme

At slow spreading ridges, phases of magmatic accretion alternate with phases of tectonic stretching and consequently faulting on different scales. The long-living large detachment faults lead to the formation of Oceanic Core Complexes (OCC), which represent exhumed lower crustal or upper mantle material raised to the seafloor. Here we propose to validate competing conceptual OCC models by seismic imaging - the missing tool in order to resolve the crustal structure and fault system at depth. Faults are potential pathways for fluids which might develop to hydrothermal systems in combination with magmatic heat sources. Here we study the link between OCCs, fault systems and hydrothermal vents by seismic imaging.

By joint interpretation of seismic reflection and refraction imaging methods together with potential field and geological data, we aim to progress our understanding of the interactions between magmatism, faulting, OCC formation and hydrothermal activity at slow spreading ridges. A broader knowledge of these dynamic processes is required in order to understand which factors control the structure and composition of generated oceanic crust. This shall be done by seismic imaging with a focus on the following specific questions:

(1) Composition and evolution of the OCC

A central point of our investigations will deal with the internal structure of this OCC. The grade of heterogeneity of the OCC will deliver important insights into the history of this core complex. Are intrusions visible? Can magnetic boundaries (Sato et al., 2009) be correlated to the seismic sub-surface structure?

(2) *Abbild des regionalen Störungssystems und laterale Begrenzung des OCC.* Wie setzten sich die bisher nur an der Oberfläche kartierten Störungen in die Tiefe fort? Ist die Ausdehnung des OCC durch charakteristische Störungen gekennzeichnet?

(2) *Imaging of the fault system and the lateral extend of the OCC Knowledge of the lateral extend of the OCC and the role of small and large faults during its formation and development over time will be crucial to test how appropriate the models for the generation and evolution of OCC are: How continue faults, visible at the seafloor, at depth? Is the lateral extension of the OCC terminated by sharp faults or a couple of consecutive faults?*

(3) *Mantelschmelzen und Krustenbildung am Spreizungszentrum:*

Welchen Anteil hat der Vulkanismus und welchen Anteil hat Krustendehnung an der Krusten Neubildung? Sind Magmenkammern als seismische Geschwindigkeitsanomalien auflösbar?

(3) *Mantle melting processes and generation of crust at the spreading centre:*

A key factor influencing the crustal production at mid-ocean ridges is the amount of magmatic products. What is the ratio between magmatic accretion and magmatic tectonic extension? Is the neo-volcanic zone characterized by an axial magma chamber?

(4) *Struktur und physikalische Eigenschaften der konjugierten Kruste:*

Sind Schichtungen innerhalb der Kruste und Mohotiefen jenseits der Spreizungsachse unterschiedlich? Ändert sich der Krustenaufbau mit zunehmendem Abstand vom Rücken bzw. rückenparallel mit zunehmendem Abstand vom Segmentzentrum?

(4) *Structure and physical properties of the crust over both conjugated ridge flanks:*

It is a crucial point to image both flanks of a spreading centre to gain an understanding of the dominating processes during crustal accretion. Are crustal layering and Moho depth symmetric over the conjugate crust? How does the crust vary with distance to the spreading centre and with ridge-parallel distance to segment centre?

(5) *Zusammenhang von OCCs und Hydrothermalgebieten:*

Können Fluidkreisläufe von Hydrothermalfeldern durch seismische Störungszonen und Messung von passiver Seismizität abgebildet werden? Können frühere Hypothesen vom Zustrom der Fluide zum Kairei Hydrothermalfeld (Nakamura et al., 2009) bestätigt oder widerlegt werden?

(5) *Relation between OCC and hydrothermal activity:*

Can deep reaching faults, serving as pathways for fluid circulation, be imaged by reflection seismics? Do micro-earthquakes highlight active hydrothermal fault systems? Is the Kairei hydrothermal field inflow at the spreading centre or at the Uraniwa hills (circulation model by Nakamura et al., 2009)?

Nebennutzungsprojekt KaBa

Das Bremer Team wird während dieser Fahrt die hydrothermalen Plumes des Kairei-Vent Feldes (KHF) studieren. Ziel unseres Programms ist es, zu ermitteln, wie das Austreten hydrothermaler Fluide das mikrobielle Leben und den biogeochemischen Kreislauf im bathypelagischen Ozean über dem KHF

Secondary user project KaBa

The Bremen team will study the hydrothermal plumes of the Kairei Vent Field (KHF) as a secondary user of this cruise. The aim of this programme is to determine how the hydrothermal fluids affect microbial life and the biogeochemical cycling in the bathypelagic ocean above the KHF. These data will be us-

beeinflusst. Diese Daten sollen in spätere Modelle eingehen.

(1) Wie groß ist der Wärmefluss des Plumes und wie breitet sich der Plume aus?

Wir werden während der vielen Hydrocaststationen mit Hilfe diverser physikochemischer Sensoren das Strömungsregime und die laterale Ausbreitung des Plumes ergründen.

(2) Welche Metalle und Gase werden vom Vent ausgestoßen und wie breiten sich diese in der Wassersäule aus?

Wir werden mit Hilfe von geochemischen Methoden die Konzentrationen von gelösten und gefällten Metallen sowie von gelöstem Wasserstoff und Methan ermitteln.

(3) Wie wirken sich energiereiche Plume-Komponenten auf die mikrobiellen Gemeinschaften der Tiefsee aus?

In Inkubationsversuchen mit Plumewasser werden wir den mikrobiellen Abbau von Wasserstoff und Methan sowie die damit verbundene Fixierung von anorganischen Kohlenstoff erforschen. Mit molekularbiologischen Methoden werden wir die Abundanz und Aktivität der verschiedenen Mikroorganismen der Plumes charakterisieren.

ed in later models.

(1) What is the heat flux of the plume and how does the plume spread?

We will use hydrocast stations and apply diverse physicochemical sensors to characterize the flow regime and the propagation of the hydrothermal plume.

(2) What metals and gases are emitted from the hydrothermal vent and how do they propagate in the water column?

We will use geochemical methods to determine the concentrations of dissolved and precipitated metals as well as dissolved hydrogen and methane.

(3) How do high-energy plume components affect deep-sea microbial communities?

In incubation experiments with plume water we will determine the microbial degradation of hydrogen and methane and the associated fixation of inorganic carbon. Using molecular biology methods, we will characterize the abundance and activity of the various microorganisms in the plumes.

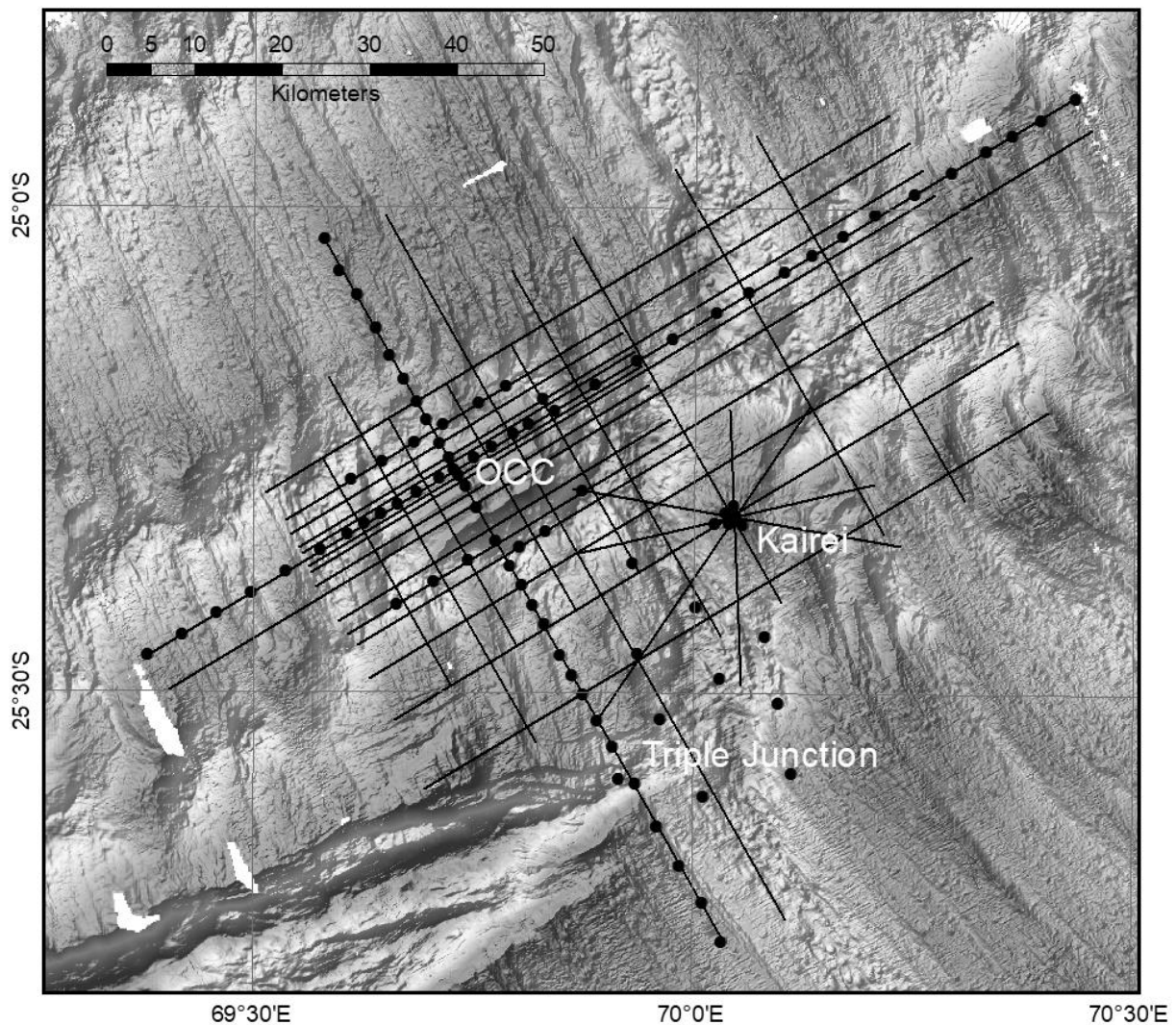


Abb. 4 Das abgebildete Arbeitsgebiet von SO301 liegt direkt nördlich vom Rodriguez Tripelpunkt (Indoaustralische-, Somalia- und Antarktisplatte). Geplante seismischen Reflexionsprofile sind als Linien und Stationen mit Ozeanbodenseismometern als Punkte dargestellt. Die Reflexionsprofile überdecken das Zielgebiet regional, zusätzliche Verdichtungsprofile den OCC und das Kairei Hydrothermalfeld. Die Ozeanbodenseismometer werden entlang zweier Refraktionslinien, und als 3D Array um den OCC sowie lokal um das Kairei Hydrothermalfeld ausgelegt, teils sind diese bereits bei SO300/1 gezielt abgesetzt worden.

Fig. 4 The working area of cruise SO301 is located directly north of the Rodriguez triple junction (Indo-Australian, Somalia and Antarctica plate). Lines indicate seismic reflection profiles and dots ocean bottom seismometer stations (OBS). Regional reflection profiles cover the target area and additional densifying profiles the OCC and the Kairei hydrothermal field. OBS are located along two refraction lines, and as 3D arrays around the OCC and the Kairei hydrothermal vent field, partly already deployed during SO300/1.

Arbeitsprogramm

Zum Erreichen der Vorhabenziele stehen den beteiligten Arbeitsgruppen von der BGR und dem GEOMAR, jeweils auf Reflexions- und Refraktionsseismik spezialisiert, verschiedene geophysikalische Methoden zur Verfügung:

Reflexionsseismische Profile

Die Mehrkanalseismik der BGR wird hier erstmals mit 8100 m Feststoffstreamer (40 Sektionen mit 12.5 m und 14 Sektionen mit 6.25 m Gruppenabstand, 816 Kanäle) von drei Winden eingesetzt. Mit dieser Streamerlänge wird erstmals die Auswertung von refraktierten Phasen ermöglicht. Als seismische Quelle dient das neu konfigurierte gerichtete Luftpulserarray der BGR (G-guns, Gesamtvolumen 50,4 l), deren Einsatz durch professionelle Walbeobachter zum Schutz der Meeresumwelt beaufsichtigt wird. Das regionale Profilnetz aus 17 Linien umfasst die beiden langen Refraktionsprofile und überdeckt die ozeanische Kruste aller drei Platten mit einem Fokus auf die ersten beiden Segmente des Zentralindischen Rückens. Zusätzliche Verdichtungsprofile decken den OCC engmaschig ab, vier Zusatzprofile überfahren das Kairei Hydrothermalfeld aus verschiedenen Azimuten. Insgesamt werden ca. 1000 Seemeilen reflexionsseismisch aufgezeichnet und ergeben ein dichtes quasi 3D-Profilnetz.

Refraktionsseismik und Mikroseismizität mit Ozeanbodenseismometern (OBS)

Das GEOMAR leitet das OBS Experiment und trägt zum Großteil der Instrumente bei. 16 OBS wurden auf SO271/2 im Dezember 2019 im ersten Segment des Zentralindischen Rückens und um Kairei bereits ausgesetzt, die auf der geplanten SCIROCCO Fahrt SO277 im September 2020 hätten wiederaufgenommen werden sollen. Durch die Coronapandemie musste die Fahrt jedoch entfallen und die Geräte konnten mittels einer Barterfahrt mit RV Marion Dufresne im August 2020 geborgen werden, bevor die vorprogrammierte Notauslösung zum Totalverlust geführt hätte. Auf SO300/1 werden einige OBS beim Kairei Hydrothermalfeld mit einem tiefgeschleppten

Work Programme

The scientific goals shall be achieved in a joint geophysical work programme by BGR and GEOMAR, focussing on multichannel seismic and refraction seismic data, respectively.

Reflection data acquisition

Multichannel seismic (MCS) data acquisition will be done first time by using the new 8100 m long solid streamer of BGR (40 sections with 12.5 m and 14 sections with 6.25 m group distance, 816 channels), assembled from three winches. This streamer length even allows the analysis of refracted phases. The seismic source is a tuned G-gun array and consists of 8 clusters (of 2 guns each) with a total volume of 3100 in³ (50.4 l); it will be used for both, reflection and refraction seismics. Professional marine mammal observers take care of environmental precaution. The oceanic crust of all three plates is covered by 17 regional profiles focussing on the first two sections of the Central Indian Ridge. Additionally, local densifying profiles cover the OCC and the Kairei hydrothermal field by different azimuths. In total about 1000 nautical miles of reflection data will be recorded forming a dense profile grid.

Refraction data acquisition and microseismicity (OBS)

GEOMAR is head of the ocean bottom seismometer (OBS) experiment and provides most of the instruments. In December 2019 during SO271/2, 16 broadband OBS were already deployed recording the regional seismicity at the first segment of the Central Indian Ridge and close to the active Kairei hydrothermal field. These OBS should be recovered at SCIROCCO cruise SO277 in September 2020, however, this cruise had to be cancelled due to the Corona pandemic. Luckily, a barter cruise with RV Marion Dufresne could recover the OBS in August 2020, before the automatic time release would have led to a total loss. During SO300/1, some OBS will already

Geräteträger kamerakontrolliert abgesetzt und auf SO301 wiederaufgenommen.

Das Stationsnetz umfasst zwei lange Refraktionsprofile mit je 28 OBS, die sich OW und NS über die Plattengrenzen erstrecken und sich über dem OCC kreuzen. Ein lokales 3D Array von 18 OBS beim OCC wird während der zahlreichen Refraktionsprofile multiazimutal angeschlossen und soll tomographisch ausgewertet werden.

Potenzialmethoden und Bathymetrie

Magnetische Messungen werden mit dem geschleppten Gradiometerarray der BGR und schiffsfesten Vektormagnetometern aufgezeichnet. Die geschleppten Messungen laufen während des Transits und parallel zu den reflexionsseismischen Profilen, während die schiffsfesten Magnetometer kontinuierlich aufzeichnen. Gravimetrische Messungen erfolgen kontinuierlich mit dem marinen Gravimeter KSS32M der BGR und werden durch Landanschlussmessungen in den Hafenstädten in das Absolutfeld eingehängt. Das Fächerecholot EM122 der SONNE liefert ein hochaufgelöstes Abbild des Meeresbodens und ergänzt bestehende lückenhafte Datensätze angesichts der anspruchsvollen Rückentopographie.

Nebennutzungsprojekt KaBa

CTD Transekte und Beprobung der Wassersäule

In beiden Beprobungszeiträumen werden wir mit vier CTD-Schlepptransekten in speichenrad-ähnlicher Anordnung und eine längere, etwa 17 km lange Vermessung in NW-SE-Richtung starten. Die CTDs sind mit zusätzlichen Trübe- und Redoxsensoren und MAPR-Sensoren ausgestattet. Alle Vermessungen werden mit 0,7 Knoten durchgeführt. Nachdem die Plumes kartiert sind, werden zusätzliche Hydrocasts durchgeführt, um (1) Temperaturschwankungen und Strömungsgeschwindigkeiten zu überwachen, (2) Wasserproben in vertikaler und horizontaler Richtung des Plumes mit Hilfe der CTD-Rosette

be deployed at the active Kairei field, using a deep-sea cable and a camera-controlled frame. These OBS will be recovered during SO301. Two long refraction profiles densely spaced with 28 OBS each cross the plate boundaries in EW and NS direction and overlap at the OCC. There, an additional local 3D array of 18 OBS is recording all shots from different azimuths of the MCS profiles yielding a 3D tomographic image.

Potential field methods and bathymetry

Magnetic field measurements will be recorded by the towed and by the shipborne BGR magnetometer systems. The towed system consists of two total field magnetometers operating as gradiometer and a vector magnetometer in between. The shipborne system consists of two vector magnetometers mounted on the observation deck. Towed magnetics operates during transits and MCS profiles while shipborne magnetometers run continuously. The KSS32M sea gravimeter will be used for gravity measurements conducted during the entire cruise. Land ties to onshore reference stations with known absolute gravity values will be carried out in the harbour towns with a land gravimeter. The ship-borne multibeam bathymetry system EM122 will run on all profiles and transit lines providing a precise bathymetry in the view of the demanding ridge topography.

Secondary user project KaBa

CTD transects and water column samplings

We will start both sampling weeks with four CTD tow-yo transects in a spoke wheel-like fashion and a longer, about 17 km survey, in NW-SE direction. The CTDs will be equipped with additional turbidity and redox sensors and MAPR sensors. All surveys will be done at 0.7 knots. After contours are mapped, additional hydrocasts will be done to (1) monitor temporal variability and current velocities, (2) sample plume waters along vertical and horizontal profiles with the CTD rosette and attached large-volume in-situ pumps.

und angeschlossene In-situ-Pumpen zu nehmen.

Ausstoß von Metallen und Gasen

Aus den Niskinflaschen und den In-situ-Pumpen werden Proben für die Analyse von Ausfällungen und Spurenelementen in den Plumes genommen. Die Analyse dieser Proben erfolgt im Heimplabor. Die Ermittlung der Konzentration von Wasserstoff- und Methan in den Niskinflaschenproben erfolgt an Board mittels Gaschromatographie. Darüber hinaus wird der mikrobielle Verbrauch von Methan und Wasserstoff in den Plumes durch Inkubation des Wassers in gasdichten Flaschen gemessen.

Mikroorganismen der hydrothermalen Plumes

Zur Bestimmung der autotrophen Kohlenstofffixierung werden Wasserproben mit ^{14}C -markiertem anorganischem Kohlenstoff inkubiert und der Transfer des Radiotracers in die Mikroorganismen wird durch Szintillationszählung ermittelt.

Zur Ermittlung von Zellzahlen sowie für metagenomische und transkriptomische Untersuchungen filtrieren wir Wasser mittels in situ Pumpen sowie aus Niskinflaschen. Diese Filter werden gleich nach der Probennahme fixiert oder schockgefroren und bei -80°C gelagert. Alle molekularbiologischen Analysen erfolgen in den Heimplaboren.

Fluxes of metals and reduced gases

Samples from Niskin bottles and in situ pumps will be taken for the analysis of plume-based precipitates and trace elements. The analysis of those samples will be done in the home laboratory. In addition, the Niskin bottle samples will be analysed for hydrogen and methane concentrations using chromatography. In addition, microbial consumption of methane and hydrogen in plume waters will be traced by incubations in sealed bottles, and measurements by gas chromatography.

Microorganisms of the hydrothermal plumes

To determine gross autotrophic carbon fixation, water samples will be incubated with ^{14}C -labeled inorganic carbon, and the transfer of radioactivity into the microorganisms will be measured by scintillation counting.

For the determination of cell counts, as well as for metagenomic and transcriptomic studies, we filter water using in situ pumps, as well as from the Niskin bottles. The filters will be fixed or shock-frosted and stored at -80°C . All molecular analysis will be done in the home laboratories.

Zeitplan / Schedule	Fahrt / Cruise SO301
	Tage/days
Auslaufen von Port Louis (Mauritius) am 22.11.2023 <i>Departure from Port Louis (Mauritius) 22.11.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet (25°S, 70°O) <i>Transit to working area (25°S, 70°E)</i>	4
Aussetzen von 18 OBS als 3D Arrays und von 28 OBS am Refraktionsprofil (WO) <i>Deployment of 18 OBS as 3D arrays and of 28 OBS along refraction profile (WE)</i>	3
Schießen des Refraktionsprofils (OW) <i>Shooting of refraction profile (EW)</i>	1
Aufnehmen der 28 OBS vom Refraktionsprofil (WO) <i>Recovery of 28 OBS along refraction profile (WE)</i>	3
KABA Nebennutzerprogramm (Geochemie) beim Kairei Hydrothermalfeld <i>KABA project (geochemical measurements) around Kairei hydrothermal field</i>	5
Aussetzen von 8 km Streamer; Reflexionsseismik entlang der beiden Refraktionsprofile, der Regional- und Verdichtungsprofile <i>Deployment of 8 km seismic streamer; reflection seismics along both refraction profiles, regional and compaction profiles</i>	12
KABA Nebennutzerprogramm (Geochemie) beim Kairei Hydrothermalfeld <i>KABA project (geochemical measurements) around Kairei hydrothermal field</i>	5
Aufnehmen aller OBS Arrays (OCC & Kairei) Aussetzen von 28 OBS am Refraktionsprofil (SN) <i>Recovery of all OBS arrays (OCC & Kairei)</i> <i>Deployment of 28 OBS along second refraction profile (SN)</i>	2
Schießen des Refraktionsprofils (NS) <i>Shooting of refraction profile (NS)</i>	1
Aufnehmen der 28 OBS vom Refraktionsprofil (SN), CTD Profil <i>Recovery of 28 OBS along refraction profile (SN), CTD profile</i>	2
Magnetik- und Bathymetrieprofile (Reservezeiten OBS Aufnahme) <i>Magnetic and bathymetric compaction profiles (OBS recovery spare time)</i>	1
Transit zum Hafen Port Louis <i>Transit to Port Louis</i>	4
Einlaufen in Port Louis (Mauritius) am 04.01.2024 <i>Arrival in Port Louis (Mauritius) 04.01.2024</i>	
Total	43

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

BGR

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover, Germany

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
24148 Kiel, Germany

MARUM

Universität Bremen
MARUM - Zentrum für Marine Umweltwissenschaften
Leobener Straße 8,
28359 Bremen, Germany

GeoB

Universität Bremen
Fachbereich Geowissenschaften
Klagenfurter Straße 2,
28359 Bremen, Germany

IUP

Universität Bremen
Institut für Umweltphysik
Otto-Hahn Allee 1
28359 Bremen, Germany

MPI Bremen

Max Planck Institute for Marine Microbiology
Celsiusstraße 1
28359 Bremen, Germany

CONSTRUCTOR UNIVERSITY

Department of Physics and Earth Sciences
Campus Ring 1
28759 Bremen, Germany

DWD

Deutscher Wetterdienst
Seeschiffahrtsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
20359 Hamburg, Germany

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 Begutachtungspanel Forschungsschiffe (GPF) obliegt die Begutachtung der wissenschaftlichen Fahrtanträge. Nach positiver Begutachtung können diese in die Fahrtplanung 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.

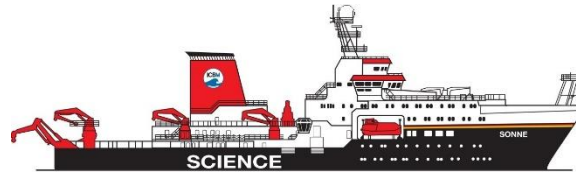
The German Research Fleet Coordination Centre (LDF) at the University of Hamburg is responsible for the scientific-technical, logistical and financial preparation, handling and supervision of the vessel’s operation.

Einerseits arbeitet die LDF partnerschaftlich mit der Fahrtleitung zusammen, andererseits ist sie Partner der Reederei Briese Schifffahrts 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 Schifffahrts 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.

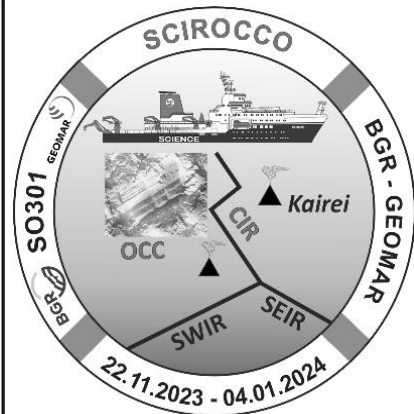
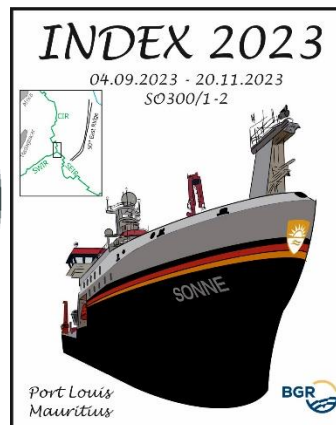


Research Vessel

SONNE

Cruises No. SO299/2 - SO301

15. 08. 2023 - 04. 01. 2024



Reconstructing volcanic eruptions and tsunamis of Krakatau volcano, REE-T

*Exploration for Seafloor Massive Sulfides in the German Exploration Claim
in the Indian Ocean, INDEX 2023*

*Seismic Imaging at the Central Indian Ridge: Structure and Formation
of Oceanic Core Complexes, SCIROCCO*

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