

**Forschungsschiff**

# **SONNE**

**Reisen Nr. SO269 - SO271/2**

**02. 08. 2019 - 08. 01. 2020**



## **SOCLIS-SONNE**

**Südchinesisches Meer - natürliches Labor unter klimatischem und anthropogenem Stress**

**Saya de Malha Karbonate, Ozeanographie und Biogeochemie, MASCARA**

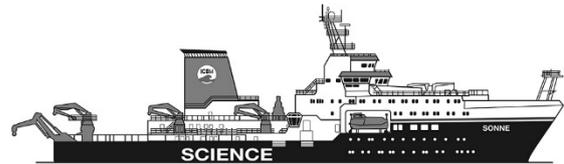
**INDEX2019 (INDian Ocean EXploration) Marine Rohstoffpotenziale im deutschen Lizenzgebiet**

Herausgeber

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

Gefördert durch

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



**Forschungsschiff**

# **SONNE**

**Reisen Nr. SO269 - SO271/2**

**02. 08. 2019 - 08. 01. 2020**



## **SOCLIS-SONNE**

**Südchinesisches Meer - natürliches Labor unter klimatischem und anthropogenem Stress**

**SOCLIS-SONNE**

*South China Sea-natural laboratory under climatic and anthropogenic stress*

**Saya de Malha Karbonate, Ozeanographie und Biogeochemie, MASCARA**  
*Saya de Malha carbonates, oceanography and biogeochemistry (Western Indian Ocean), MASCARA*

**INDEX2019 (INDian Ocean EXploration) Marine Rohstoffpotenziale im deutschen Lizenzgebiet**  
*INDEX2019 (INDian Ocean EXploration) Marine Resource Assessments in the German License Area*

Herausgeber / Editor:

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

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

---

## Anschriften / *Addresses*

---

**Prof. Dr. Joanna Waniek**

Leibnitz-Institut für Ostseeforschung  
Warnemünde  
Sektion Meereschemie  
Seestraße 15  
D-18119 Rostock

Telefon: 0381-5197-300  
Telefax: 0381-5197-302  
e-mail: joanna.waniek@io-  
warnemuende.de

**Prof. Dr. Christian Betzler**

Universität Hamburg  
CEN, Institut für Geologie  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

Telefon: 040-42838-5011  
Telefax: 040-42838-5007  
e-mail: christian.betzler@uni-  
hamburg.de

**Dr. Ulrich Schwarz-Schampera**

Bundesanstalt für Geowissenschaften  
und Rohstoffe  
FB Geologie der mineralischen Rohstoffe  
Stilleweg 2  
D-30655 Hannover

Telefon: 0511-643-2232  
Fax: 0511-643-2304  
e-mail: Ulrich.Schwarz-  
Schampera@bgr.de

**PD Dr. Udo Barckhausen**

Bundesanstalt für Geowissenschaften und  
Rohstoffe  
Stilleweg 2  
D-30655 Hannover

Telefon.: 0511 643 3239  
e-mail: udo.barckhausen@bgr.de

**Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe**

Institut für Geologie  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

Telefon: 040-428-38-3640  
Telefax: 040-428-38-4644  
e-mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de  
http: www.ldf.uni-hamburg.de

**Reederei**

Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG  
Abt. Forschungsschifffahrt  
Hafenstraße 6d (Haus Singapore)  
D-26789 Leer

Telefon: 0491 92520 160  
Telefax 0491 92520 169  
e-mail: research@briese.de  
http: www.briese.de

**Projekträger Jülich**

System Erde - Meeresforschung  
Schweriner Straße 44  
D-18069 Rostock

Telefon: 0381-20356-291  
e-mail: ptj-mgs@fz-juelich.de  
http: www.ptj.de/rostock

---

## Forschungsschiff / *Research Vessel* SONNE

---

Vessel's general email address

[sonne@sonne.briese-research.de](mailto:sonne@sonne.briese-research.de)

Crew's direct email address

[n.name@sonne.briese-research.de](mailto:n.name@sonne.briese-research.de)

Scientific general email address

[chiefscientist@sonne.briese-research.de](mailto:chiefscientist@sonne.briese-research.de)

Scientific direct email address

[n.name@sonne.briese-research.de](mailto: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](mailto: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

(Iridium Open Port)

+881 623 457 308

(VSAT)

+44 203 6950710

---

**SONNE Reisen / SONNE Cruises SO269 – 271/2**

---

**02. 08. 2019 - 09. 01. 2020**

**SO269**

**SOCLIS-SONNE, Südchinesisches Meer - natürliches Labor unter klimatischem und anthropogenem Stress**  
*SOCLIS-SONNE, South China Sea-natural laboratory under climatic and human induced stress*

**SO270**

**Saya de Malha Karbonate, Ozeanographie und Biogeochemie, MASCARA**  
*Saya de Malha carbonates, oceanography and biogeochemistry (Western Indian Ocean), MASCARA*

**SO271 / 1&2**

**INDEX2019 (INDian Ocean EXploration) Marine Rohstoffpotenziale im deutschen Lizenzgebiet**  
*INDEX2019 (INDian Ocean EXploration) Marine Resource Assessments in the German License Area*

<b>Fahrt / Cruise SO269</b>	02.08.2019 - 03.09.2019 Singapur (Republik) - Hong Kong (China) Fahrtleiter / <i>Chief Scientist</i> : Joanna Waniek
<b>Fahrt / Cruise SO270</b>	06.09.2019 - 23.10.2019 Hongkong (China) - Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Prof. Christian Betzler
<b>Fahrt / Cruise SO271/1</b>	01.11.2019 - 17.12.2019 Port Louis (Mauritius) - Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : Dr. Ulrich Schwarz-Schampera
<b>Fahrt / Cruise SO271/2</b>	20.12.2019 - 09.01.2020 Port Louis (Mauritius) - Port Louis (Mauritius) Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i> : PD Dr. Udo Barckhausen
<b>Koordination / Coordination</b>	Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
<b>Kapitän / Master SONNE</b>	SO269 + SO271/2: Oliver Meyer SO270 + SO271/1: Lutz Mallon

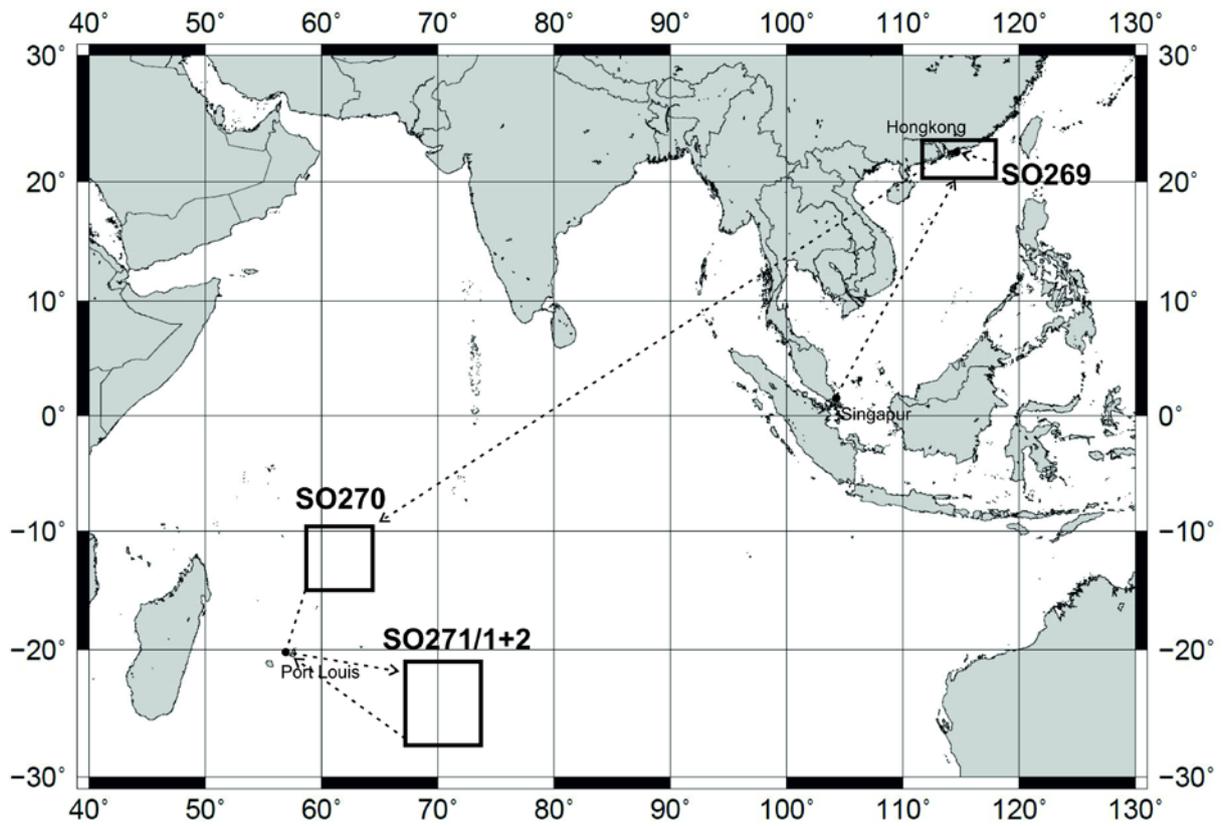


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der SONNE Expeditionen SO269 – SO 271/2.

*Fig. 1 Planned cruise tracks and working areas of SONNE cruises SO269 – SO 271/2.*

## Übersicht

### Fahrt SO269

Die Expedition hat zum Ziel, die marinen Umweltveränderungen auf dem nördlichen Schelfgebiet des Südchinesischen Meeres bis in die tieferen ozeanischen Regionen interdisziplinär zu untersuchen, um die Auswirkungen von anthropogenen und natürlichen Veränderungen auf das marine Ökosystem zu studieren. Das Untersuchungsgebiet stellt ein ideales Modellsystem für tropische Randmeere dar, um Austauschprozesse Land -Ozean (Perlfluss), Veränderungen der physikalischen Antriebe (Monsoon, Zirkulation), anthropogene Stoff-flüsse (u.a. Kohlenstoff, Nährstoffe, organische Schadstoffe, Mikroplastik, Antibiotika) infolge der Entwicklung einer Megastadt auf die Wechselwirkung Land-Küste-Ozean sowie die Auswirkungen von klimatischen Änderungen in einem sehr sensiblen marinen Ökosystem besser zu verstehen.

Unsere Untersuchungen werden Erkenntnisse zum Einfluss von Umweltparametern auf die Veränderungen von ozeanischen Prozessen der marinen Stoffkreisläufe (N, P, C) liefern und Aussagen zu zeitlicher und räumlicher Variabilität der ozeanischen Prozesse sowie der anthropogenen Ökosystembelastung ermöglichen.

Die Expedition findet im Rahmen des bilateralen Projektes MEGAPOL *Megacity's fingerprint in Chinese marginal seas: Investigation of pollutant fingerprints and dispersal* statt.

## Synopsis

### Cruise SO269

*The cruise aims to study the marine environmental conditions in an area spanning from the northern shelf of the South China Sea towards the deep sea, to enhance our understanding of the effects of growing anthropogenic pressure in a highly dynamic marine ecosystem.*

*Our study area is an excellent example of a subtropical adjacent sea and a natural laboratory to study the exchange processes between the land and the ocean (Pearl River), the variability of physical forcing (monsoon, circulation), the drastically increasing anthropogenic stress due to eutrophication, organic contaminants, microplastic, antibiotics following the development of a Megacity within the area Guangzhou-Hong Kong.*

*Our results will help to quantify the marine element cycles (N, P, C), allow the quantification and distribution of anthropogenic contamination as well as the degree of time-space variability of natural oceanic processes.*

*The cruise is a contribution to the Sino-German MEGAPOL project *Megacity's fingerprint in Chinese marginal seas: Investigation of pollutant fingerprints and dispersal*.*

## **Fahrt SO270**

Die Saya de Malha Bank ist eine tropische Karbonatplattform, die von Wassermassengrenzen und Strömungen geprägt wird. Faktoren schlagen sich auf die Sedimentation, Ökosysteme und Biogeochemie dieser Karbonatplattform nieder.

Wir zielen daher darauf ab (1) das Konzept der Karbonat-Sequenzstratigraphie zu erweitern, (2) ein Modell für eine Karbonatbank mit internen Wellen aufzustellen und (3) ein Modell der Karbonatsedimentation unter variierenden biogeochemischen Bedingungen zu erstellen sowie die paläozeanographischen Veränderungen der jüngeren Zeit zu rekonstruieren. Sedimentologie, Mikropaläontologie und Hydroakustik werden die Ablagerungen charakterisieren, Seismik und Parasound die Stratigraphie. Strömungsregime (CTD, ADCP) und Biogeochemie (Nährstoffe, Schwebstoffe, Sediment-Wasser Austausch) werden im Zusammenhang mit Hypothesen zur Nährstoffinjektion in die Deckschicht und zu heutigen Sedimentationsbedingungen untersucht.

Die zu erwartenden Ergebnisse des Vorhabens liefern einen substanziellen Beitrag zum Verständnis der Kontrollfaktoren auf die Karbonatsedimentation. Dies ist nicht nur für die Abschätzung relevant, wie sich diese Systeme in der sich verändernden Welt entwickeln könnten, sondern auch für die Interpretation von Karbonatplattformabfolgen in der geologischen Überlieferung.

## **Cruise SO270**

*The Saya de Malha Bank is a tropical carbonate platform controlled by water mass boundaries and currents which exert a strong control on sedimentation, ecosystems and biogeochemistry.*

*We therefore plan (1) to amend models of carbonate sequence stratigraphy, (2) to develop a sedimentological model for a carbonate platform under the influence of internal waves, and (3) to establish a model of carbonate sedimentation in an area with varying biogeochemical nature and to unlock the record of paleoceanographic changes recorded in the deposits of SMB. Sedimentology, micropaleontology and hydroacoustics will characterize the deposits, seismics and Parasound will resolve the stratigraphy, CTD, ADCP and biogeochemical data will resolve oxygen and nutrient regimes, and sediment-water interaction.*

*The expected results will extend our knowledge about controlling factors on carbonate deposition which is relevant for both, a better understanding of how carbonate platforms may evolve in a changing world, and for the interpretation of carbonate platform successions in the geological record.*

## Fahrt SO271/1&2

Im Juli 2014 wurde der im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gestellte Lizenzantrag der BGR für polymetallische Sulfide für eine Fläche von 10.000 km<sup>2</sup>, aufgeteilt in 100 Blöcken mit 10x10 km Kantenlänge, im südwestlichen Indischen Ozean auf der Jahresversammlung der Internationalen Meeresbodenbehörde (ISA) angenommen. Ein entsprechender Explorationsvertrag mit der ISA wurde im Mai 2015 unterzeichnet. Auf dieser Basis darf die BGR für eine Laufzeit von 15 Jahren das Gebiet südöstlich von Mauritius gezielt und exklusiv rohstoffwirtschaftlich erkunden. Dazu gehören neben der konkreten Abschätzung des Rohstoffpotenzials auch umfangreiche Untersuchungen zum Schutz und Erhalt der marinen Umwelt. Ziel der Erkundung ist es, mit Hilfe moderner rohstoffgeologischer Explorationstechniken Metallsulfidvorkommen zu identifizieren, die unterhalb der Austrittsstellen ehemals aktiver, heißer Quellen am Meeresboden („schwarze Raucher“) entstanden sind. Die Ausfahrt SO271 widmet sich neben begleitenden Umweltuntersuchungen der detaillierten Erkundung der südlichen Zentralen und nördlichen Südostindischen Rückens (cluster #04-05-06-07-08; Abb. 1, 2) sowie der geophysikalischen Detailkartierung bekannter Sulfidvorkommen. Die Ausfahrt wird in zwei Fahrtabschnitten durchgeführt. Leg SO271/1 konzentriert sich auf die Sulfidexploration und die petrologische Beprobung an tektonischen Blöcken entlang des Spreizungsgrabenrandes in größerer Entfernung zu den CIR und SEIR Spreizungszentren. Leg SO271/2 führt wesentlich elektromagnetische Vermessungen an den bekannten KAIREI, KAIMANA und ALPHA Sulfidgebieten durch. Die Explorationsarbeiten werden bei beiden Abschnitten von Umweltarbeiten und (paleo)ozeanographische Untersuchungen begleitet.

## Cruise SO271/1&2

*In July 2014, BGR's application (on behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy BMWi) for an exploration license for polymetallic sulphides in an area of 10.000 km<sup>2</sup>, divided in 100 sulphide blocks each 10x10 km in size, in the southwestern Indian Ocean was adopted by the International Seabed Authority (ISA). With the signed contract in May 2015, BGR has permission to start detailed exclusive resource-oriented exploration programme in the license area southeast of Mauritius for a period of 15 years. The programme includes the outline of potential ore deposits and a resource assessment but also extensive and detailed base line studies for the sustainable protection of the marine environment. The exploration license aims at the identification of inactive polymetallic sulphide deposits, formed below former discharge zones of hot hydrothermal fluids on the ocean floor ("black smoker"), by modern exploration techniques. Cruise SO271 addresses attendant environmental surveys, geophysical measurements on known sulphide occurrences and the detailed exploration of the central license clusters at the southern Central and the northern Southeast Indian Ridges (cluster #04-05-06-07-08; Fig. 1, 2). The cruise has two legs; leg SO271/1 focusses on sulphide exploration and petrological sampling along the outer tectonic blocks of the spreading graben at greater distances from the CIR and SEIR spreading centers. Leg SO271/2 focusses on the electromagnetic survey of the known KAIREI, KAIMANA and ALPHA sulphide areas. Exploration during both legs is accompanied by environmental base line and (paleo)oceanographic studies.*

### Wissenschaftliches Programm

China ist ein Land mit massiven und sich schnell entwickelnden industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten in großen Flusseinzugsgebieten, welche den Küstengebieten Nährstoffe, Schadstoffe und andere bedenkliche Substanzen liefern. Schwerpunkt dieser Entwicklung sind Megastädte an der Küste sowie städtische und industrielle Entwicklungen an Flussmündungen und halbgeschlossenen Meeresbecken, wie z. B. das Perlfluss – Südchinesisches Meer (Pearl River – South China Sea / PRE-SCS) Kontinuum.

Das Hauptziel dieser Expedition ist es, die chemischen und biologischen Spuren der raschen Entwicklung im PRE-SCS-Kontinuum aufzuzeigen, indem wir die folgenden Fragen beantworten:

- 1) Welche physikalischen Prozesse sind für das beobachtete Muster natürlicher und anthropogener Substanzen in der Wassersäule und in den Sedimenten des PRE-SCS-Kontinuums verantwortlich?
- 2) Was sind die Ausmaße der biogeochemischen Halos von Megastädten, anthropogenen Schadstoffen und die Verteilung von Bioindikatoren in der Wassersäule und Sedimenten im Untersuchungsgebiet und welche Rolle spielen Sedimente hier für die Minderung von Schadstoffen durch Sedimentation und / oder Neutralisation?
- 3) Führen unterschiedliche klimatische Bedingungen, Einzugsgebiet, Landnutzung und industrielle Aktivitäten zu regional spezifischen Mustern für Materialien, die an das PRE-SCS-Kontinuum geliefert und dort abgelagert wurden?

Um die erste Frage zu beantworten, werden wir den physikalischen Antrieb und die Mechanismen für den Transport und die Verteilung von Materie auf der Mesoskala und Schelfnähe untersuchen und die Häufigkeit

### Scientific Programme

*China is a country with massive and rapidly evolving industrial and agricultural activities in large river catchments that supply nutrients, pollutants, and other problematic substances to coastal environments. Focal points of this development are coastal megacities and urban and industrial developments at river mouths and semi-enclosed sea basins e.g. Pearl River- South China Sea (PRE-SCS) continuum.*

*The major objective of our cruise is to recognize and to trace the chemical and biogeochemical imprints of the rapid development in the PRE-SCS continuum by addressing the following questions:*

- 1) *Which physical processes are responsible for the observed pattern of natural and anthropogenic substances in the water column and sediments of PRE-SCS continuum?*
- 2) *What are the extents of biogeochemical halos of megacities, anthropogenic pollutants and distribution of bio-indicators in water column and sediments in the study area, and what is the role of sediments here for mitigation of pollutants by sedimentation and/or neutralisation?*
- 3) *Do different climatic settings, catchment geology, land-use and industrial activities impart regionally specific patterns on materials delivered to and deposited within PRE-SCS continuum (Hypothesis 4)?*

*In order to answer the first question we will study the physical forcing and mechanisms for transport and dispersion of matter on the mesoscale, and off shelf and estimate the frequency and extensions of off shelf transport*

und Ausdehnung von schelfnahen Transportereignissen durch relevante Zeitskalen auf der Mesoskala abschätzen (z. B. barokline Instabilität, Wirbel, Mäander). Hydrographische Registrierungen werden mit 1) Altimetriedaten und Lagrange-Kohärenz-Struktur-Modellen um Cross-Slope-Mechanismen zu analysieren; 2) das ROMS-Modell zur Untersuchung der Auswirkungen von Topographie, Wind und Ferneinwirkung auf Zirkulationen und lokale mesoskalige Merkmale; und 3) Optimal Multi-Parameter-Analyse (OMA) zur Analyse von Wassermassen und deren Vermischung kombiniert.

Vertikale Profile der Turbulenzdissipationsraten werden durch die Thermokline zwischen der Oberfläche und 600 m gemessen, um Mechanismen zu untersuchen, die die vertikale Vermischung und die Nährstoffversorgung von der Tiefsee bis zur oberen Schicht steuern. Um das Primärproduktionsmuster im oligotrophen Südchinesischen Meer zu verstehen, werden sie registriert.

Unsere bisherigen Arbeiten legen nahe, dass zwei Arten von Substanzen (organische und anorganische Schadstoffe und reaktiver Stickstoff aus Flüssen mit charakteristischer Isotopenzusammensetzung) geeignet sind, um die zweite Frage zu beantworten. Insbesondere beabsichtigen wir die marine Massenchemie und Hydrographie zu kombinieren, um Proben für eine ganze Reihe von Parametern zu erhalten, einschließlich etablierter organischer Schadstoffe (z. B. PCB, DDT, PAH, Lindan, Organozinn) und neu auftretender Schadstoffe (Mikroplastik, Antibiotika, UV-Filter, Schwermetalle). Diese ermöglichen die Bewertung und Quantifizierung der anthropogenen Kontamination durch Identifizierung und Spezifizierung ihrer Transportwege, Quellen und möglichen Senken sowie ihrer Akkumulation in Wasser und Sedimenten unter Verwendung von dualen Isotopen von reaktivem Stickstoff ( $\delta^{15}\text{N}$  partikulärer, suspendierter organischer Substanz und anorganischem Stickstoff ( $\text{NO}_3^-$ ) und  $\delta^{15}\text{N} / \delta^{18}\text{O}$ ) zur Identifizierung und Quantifizierung anthropogener Stickstoffquellen im Untersuchungsgebiet.

*events by resolving the relevant time scales on the mesoscale (e.g. baroclinic instability, eddies, meanders). In particular we intend to combine bulk hydrography registrations with the use of 1) altimetry data and Lagrangian Coherent Structure (LCS) models to analyze cross-slope mechanisms; 2) the ROMS model to study effects of topography, winds and remote forcing on circulations and local mesoscale features; and 3) Optimal Multi-parameter Analysis (OMA) to analyze water masses and their mixing.*

*During the cruise we intend to measure vertical profiles of turbulence dissipation rates through the thermocline between the surface and 600 m and to study mechanisms controlling vertical mixing and the resupply of nutrients from the deep ocean to the upper layer to understand the primary production pattern in the oligotrophic South China Sea.*

*Our previous work suggests that two types of substances (organic and inorganic pollutants and river-borne reactive nitrogen with characteristic isotopic composition) are suited answering the second question.. In particular we intend to combine bulk marine chemistry and hydrography to obtain samples for a whole set of parameters including established organic pollutants (e.g. PCB's, DDT's, PAH, Lindan, Organotin) and emerging pollutants (microplastic, antibiotics, UV-filters, heavy metals) allowing the assessment and quantification of the anthropogenic contamination by identifying and specifying their transport pathways, sources and possible sinks and their accumulation in water, sediments using dual isotopes of reactive nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$  of particulate, suspended organic matter and inorganic nitrogen ( $\text{NO}_3^-$ ) and  $\delta^{15}\text{N} / \delta^{18}\text{O}$ ) to identify and quantify anthropogenic nitrogen sources in the study area.*

Unsere dritte Frage bezieht sich auf die hochauflösende Rekonstruktion des späten Holozäns und der modernen Sedimentationsgeschichte entlang des Schelfs in Richtung des tieferen Ozeans, einschließlich der möglichen Auswirkungen diagenetischer Prozesse und anthropogener Aktivitäten. Unsere Arbeitshypothese lautet, dass neuere Sedimente aus dem Perlfluss nicht nur in den zuvor identifizierten Ablagerungszentren im PRE- und westlichen inneren Schelfbereich abgelagert werden, sondern auch in Ablagerungszentren im mittleren und äußeren Schelfbereich. Daher erwarten wir, dass die anthropogene Verschmutzung nicht auf den PRE beschränkt ist, sondern sich über das gesamte Schelfgebiet erstreckt. Wir vermuten, dass solche Sedimentationsmuster im Verlauf des Holozäns als Reaktion auf die PRE-Sedimentversorgung und Veränderungen des postglazialen Meeresspiegels signifikante Veränderungen erfahren haben.

In diesem Zusammenhang wollen wir die folgenden Fragen beantworten:

- 1) Wie ist das Sedimentverteilungsmuster von holozänen Sedimenten im mittleren und äußeren Schelf und können moderne Ablagerungen des PRE im mittleren Schelf identifiziert werden?
- 2) Kann das Verteilungsmuster sowie die Bereiche der Ablagerung und Nichtablagerung während des Holozäns mit dem Zirkulationsmuster des Schelfs des Südchinesischen Meeres in Verbindung gebracht werden?
- 3) Unter welchen Bedingungen können sowohl moderne als auch ältere holozäne Sedimente wieder mobilisiert werden, und wie hoch ist ihr Konservierungspotential als Umweltbilanz im SCS-Schelf?
- 4) Welche Auswirkungen haben solche Prozesse einschließlich diagenetischer Transformationen auf sedimentäre Spurenmetallsignaturen?

*Our third question (Q3) is related to the high-resolution reconstruction of the late Holocene and modern sedimentation history along the shelf towards the deeper ocean including the potential impact of diagenetic processes and anthropogenic activity. Our working hypothesis is that recent sediments from the Pearl River are not only deposited in the previously identified deposition centers in the PRE and the western inner shelf area, but are also accumulating in deposition centers in the mid- and outer shelf. Accordingly, we expect that anthropogenic pollution is not limited to the PRE but extends across the shelf. We suppose that such sedimentation patterns underwent significant changes in the course of the Holocene in response to PRE sediment supply and postglacial sea level changes.*

*In this context we are seeking to answer the following questions:*

- 1) What is the sediment distribution pattern of Holocene sediments on the mid and outer shelf, and can modern deposits of the PRE be identified on the mid shelf?*
- 2) Can the distribution pattern as well as areas of deposition and non-deposition during the Holocene be related to the circulation pattern of the South China Sea shelf?*
- 3) What are the necessary conditions to remobilize Holocene sediments (modern/older), and what is their preservation potential as an environmental record on the SCS shelf?*
- 4) What effects have such processes including diagenetic transformations on sedimentary trace metal signatures?*

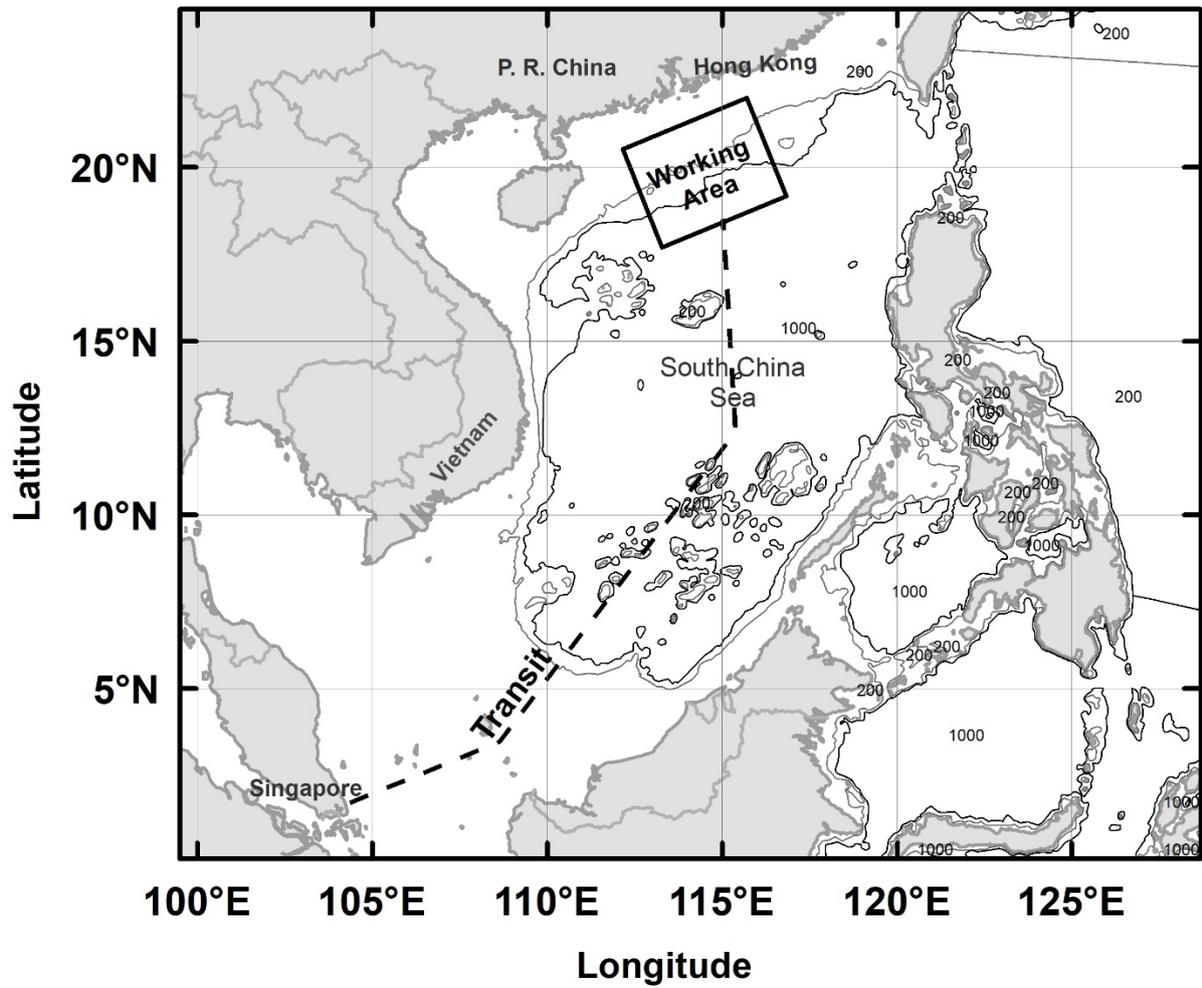


Abb. 2 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der SONNE Expedition SO269

Fig. 2 Planned cruise tracks and working areas of SONNE cruise SO269.

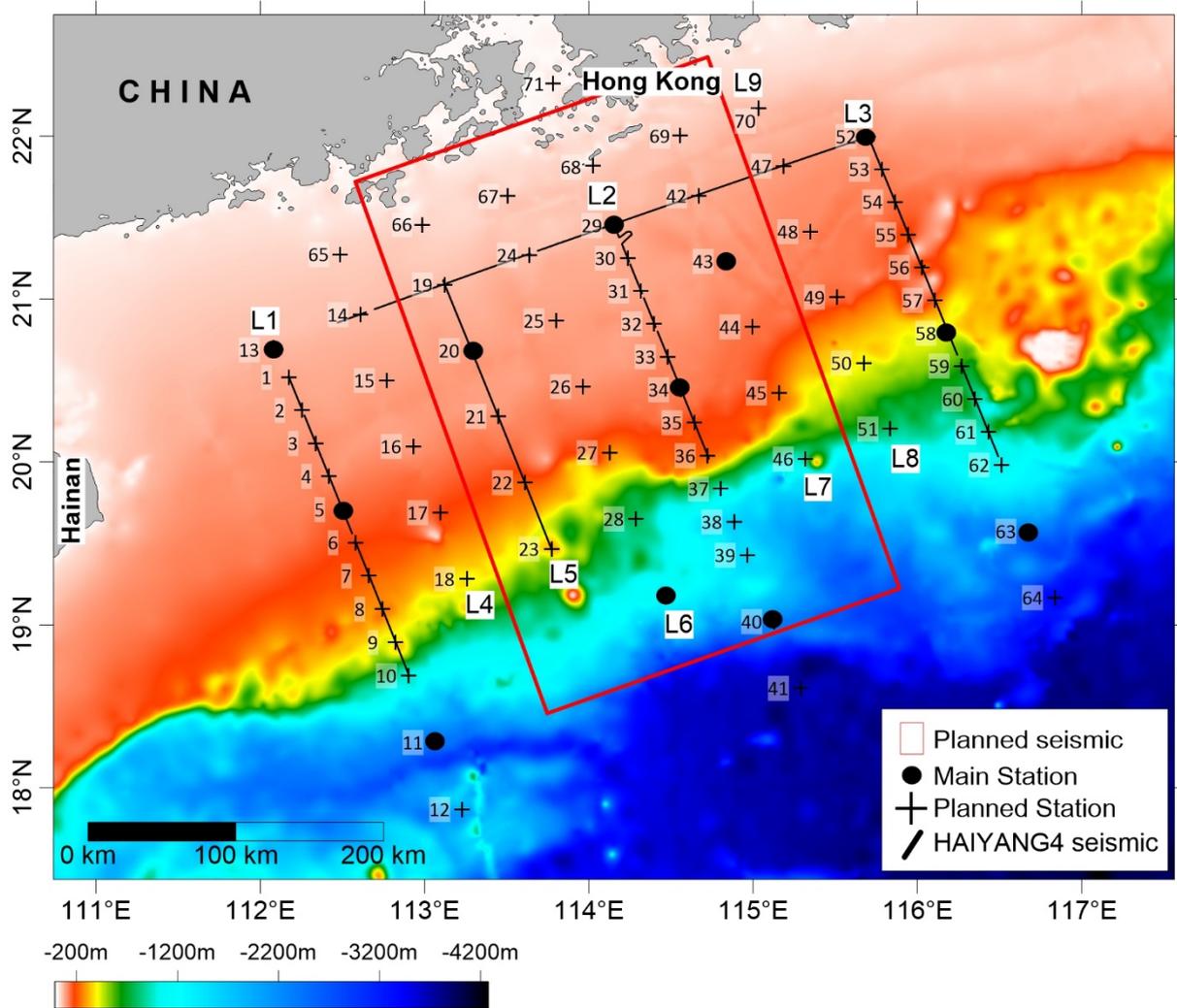


Abb. 3: Untersuchungsgebiet der Expedition mit geplanten Stationen, seismischen Linien und den bereits existierenden Registrierungen der HAIYANG4.

Fig. 3: Study area of the expedition with planned stations, seismic lines and the existing HAIYANG4 registrations.

## Arbeitsprogramm

Das Raster zur Beprobung besteht aus 72 Stationen (Abb. 3), in denen hydrographische und geologische Proben in Kombination mit hydroakustischen Untersuchungen durchgeführt werden. Das Raster wurde entwickelt, um die in dem Perlfluss-Ausfluss entstehenden mesoskaligen Schelfstrukturen mit einer ausreichenden Auflösung aufzulösen. Die Auflösung für die hydrographischen Stationen beträgt 10 N.M. am Schelf und über der Schelfrand mindestens für die drei Hauptschnitte L1, L2 und L3 erforderlich. Auf den anderen Schnitten, die Informationen über die Strukturen entlang des Schelfs liefern sollen, ist eine Auflösung von 30 N.M. ausreichend.

Im Arbeitsprogramm sind 11 Hauptstationen vorgesehen, welche benötigt werden, um auf die regionale Variabilität innerhalb des Gebiets zurückschließen zu können. Ihre Position ist jedoch noch nicht festgelegt und wird an Bord gemäß den beobachteten hydrographischen Bedingungen und hydroakustischen Registrierungen bestimmt.

Alle Fahrten zwischen den Stationen werden mit einer Geschwindigkeit von 8 Knoten (um eine gute Qualität der ADCP-Registrierungen zu gewährleisten) stattfinden. Für die hydroakustischen Linien wird die Schiffsgeschwindigkeit auf 5 Knoten reduziert werden.

An den Hauptstationen (11) werden die folgenden Instrumente (CTD, GC, MUC, Box Corer, ISP, Turbomap, Multi Closing Net) eingesetzt (detaillierte Zeitanforderungen siehe Tab. 1). An zwei der Hauptstationen werden über 25h Registrierungen der Strömungen bei Nipp- und Springflut aufgenommen. An den verbleibenden 60 Stationen wird meistens nur die CTD oder PCTD eingesetzt inklusive LISST und LOPC und werden POC-Profilen ( $1 \mu\text{m} - 3 \text{cm}$ ) für die Untersuchung der Größenstrukturen von Plankton in Bezug auf Wassermassen, Nährstoffe und Beweidung liefern.

An allen Stationen werden CTD- und / oder P-CTD-Registrierungen verwendet, um eine Beschreibung und Muster der hydrographischen Parameter (Temperatur, Salzgehalt, Dichte, gelöster Sauerstoff, Chlorophyll-a-Fluoreszenz und Trübung) im kleinen und mittleren

## Work Programme

*The sampling grid consists of 72 stations (Fig. 2), where hydrographic and geological sampling in combination with hydroacoustic surveys will take place, and is designed to resolve the cross-shelf mesoscale structures which develop in the Pearl River plume with a sufficient resolution. Those mesoscale features are necessary for understanding the dynamics of the system. Therefore it is necessary to have a resolution of the hydrographic station grid of 10 N.M. on the shelf and over the shelf break, at least for the three main transects L1, L2 and L3. On the other transects, which provide information on the along-shelf structures a resolution of 30 N.M. is sufficient. In the working program we have 11 main stations, which are needed to access the regional variability within the area for majority of the parameters sampled. However, their positions are not fixed yet and will be determined on board according to the observed hydrographic conditions and hydroacoustic registrations.*

*The transits between the stations will be done at an average speed of 8 knots (to ensure good quality of ADCP registrations), for the hydroacoustic lines the ship speed will be reduced to 5 knots.*

*At the main stations (11) a full range of instruments (CTD, GC, MUC, box corer, ISP, Turbomap, multi closing net) will be deployed (for detailed time requirements see Tab. 1). At two of those stations two 25 h registrations will be carried out, at neap and spring tide, to assess the currents. At the remaining 60 stations at least a CTD or PCTD cast will be run together with LISST and LOPC and provide POC ( $1 \mu\text{m} - 3 \text{cm}$ ) profiles for studying size structures of plankton in responses to water masses, nutrients and grazing.*

*At all stations CTD and/or P-CTD registrations will be used to obtain description and patterns of the hydrographic parameters (temperature, salinity, density, dissolved oxygen, chlorophyll a fluorescence, and turbidity) on small and mesoscale. Secondly, the*

Maßstab zu erhalten. Zweitens werden die CTD-Rosettensysteme Wasserproben für eine Vielzahl von Analysen liefern (Nährstoffe, POC, DOC, DOM, SPM, REM, O<sub>2</sub>,  $\delta^{15}\text{N}$  /  $\delta^{18}\text{O}$ , organische Schadstoffe, Schwermetalle). An 15 Stationen werden Bodenwasserproben von CTD-Profilen für geochemische und SEM-EDX-Analysen von Schwebstoffen gefiltert.

An allen Stationen wird die Turbomap bis zu einer maximalen Tiefe von 600 m eingesetzt, was eine elektrische Installationszeit von 1 h zur Messung der Turbulenzen erfordert. An ausgewählten Stationen werden Proben für Analysen etablierter und neu auftretender Schadstoffe aus diskreten Tiefen innerhalb der Wassersäule (CTD-Einsätze, KISP, P-CTD) und aus Sedimenten (MUC) entnommen, um die anthropogenen Auswirkungen zu kartieren.

Benthische und planktische Foraminifere als sensible Bioindikatoren für Umweltveränderungen werden an den Hauptstationen und weiteren 20 Stationen unter Verwendung des Mehrfachschlieβnetzes beprobt. Sowohl planktische als auch benthische Foraminifere werden anhand von Oberflächensedimenten analysiert, die mit einem Multicorer gesammelt wurden, um die historische Entwicklung der Umwelt auf dem Kontinentalschelf vor der Mündung des Perlflusses zu beschreiben. Die Arbeit an den planktischen Foraminiferen aus der Wassersäule und aus dem Sediment umfassen Ansammlungsanalysen und chemische Analysen der Schalen. Aus den Proben werden Umweltdaten (Korngrößenverteilung, organische Kohlenstoffkonzentration usw.) erhalten und stabile Isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) aus den Tests ausgewählter benthischer Spezies analysiert. Die Netztiefe wird an die Wassertiefe jeweils angepasst (vergl. Tab. 1).

Entlang der Fahrtstrecke wird eine Reihe von Instrumenten eingesetzt: pCO<sub>2</sub> (Abschätzung des CO<sub>2</sub>-Flusses) und O<sub>2</sub>/Ar- laufende Systeme (Abschätzung der Primärproduktion) werden an das laufende Schiffsseewassersystem und an das Oberflächenpumpensystem angeschlossen; dies gilt auch für die organischen Schadstoffe. Das Trace Metal Clean Towed System wird zwischen den Stationen betrieben, genauso wie ein SVP-Drifter. Der

*CTD-rosette systems will provide water samples for a full range of analyses (nutrients, POC, DOC, DOM, SPM, REM, O<sub>2</sub>,  $\delta^{15}\text{N}$  /  $\delta^{18}\text{O}$ , organic pollutants, heavy metals). At 15 stations, bottom water samples from CTD profiles will be filtered for geochemical and SEM-EDX analyses of suspended particulate matter.*

*At all stations Turbomap will be deployed down to maximum depth or 600 m, which requires wiring time of 1 h for measuring turbulences. Samples for analyses of established and newly emerging pollutants from discrete depths within the water column (CTD deployments, KISP, P-CTD) and from sediments (MUC) will be taken at selected stations, and used to map the anthropogenic impact.*

*Benthic and planktic foraminifers as sensitive bioindicators of environmental change will be sampled at the 11 main stations and another 20 stations using the multi closing net. Both, planktic and benthic foraminifers will be also analyzed from surface sediment sampled with a multicorer to describe the historical development of the environment on the continental shelf off the Pearl River Mouth. The work on the planktic foraminifers both from the water column and sediment will include assemblage analyses, as well as chemical analyses of the shells, called tests. From the samples, environmental data (grain size distribution, organic carbon concentration, etc.) will be obtained and stable isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) will be analyzed from the tests of selected benthic species. The sampling depths will be adjusted according to the water depth (see Tab. 1).*

*Along the cruise track a number of instruments will be run: pCO<sub>2</sub> (estimating CO<sub>2</sub> flux) and O<sub>2</sub>/Ar underway systems (estimating primary production) will be connected to the ship seawater underway system and surface pumping system for organic pollutants as well. The trace metal clean towed system will be run between the stations as well as SVP drifter deployed. Thermosalinograph and the ADCP (currents in the upper water column)*

Thermosalinograph und der ADCP (Strömungen in der oberen Wassersäule) werden über die gesamte Dauer der Expedition betrieben.

Um die Schelfkonfiguration zu beschreiben, werden südlich und südwestlich des PRE über den Schelfrand hydroakustische Profile aufgenommen. Wir erwarten 3 Längslinien von jeweils 100 N.M. und 3 Querlinien von 75 N.M. des Schelfs aufzeichnen zu können (insgesamt 525 N.M.) mit einer Messgeschwindigkeit von 5 Knoten (roter Box in Abb. 2).

Diese Daten unterstützen die Identifizierung geeigneter Bohrkern-Stationen für den Multicorer (MUC), Gravity-Corer (GC) und dem Box-Corer (BC). Angrenzend an die ausgewählten Bohrkernstationen werden kleinere Flächen von ca. 1,5x1 N.M. mit den integrierten hydroakustischen Systemen in voller Abdeckung aufgezeichnet, was voraussichtlich in jeweils 3 Stunden erfolgen wird.

Entlang des Abschnitts vom inneren Schelf in Richtung Kontinentalhang werden MUC und GC bei ca. 11 Stationen genommen. Porenwasser wird sowohl aus MUC als auch aus GC extrahiert, um Rückschlüsse auf die Bedeutung des diagenetischen Mn- und Fe-Kreislaufs zu ermöglichen.

Zusätzlich wird eine Verankerung am Übergang vom Schelf in das tiefe Südchinesische Meer (St. 72 in Abb. 3) für 2 Jahre ausgesetzt. Sie wird nebst der Sinkstofffalle zwei akustische Strömungsmesser mit CTD und Fluorometer als auch einen Nitratsensor beinhalten.

*will be registering over the entire duration of the cruise as well.*

*For describing the shelf configuration hydro-acoustic profiles will be recorded south and south-west of the PRE towards the shelf break. We expect to record 3 along-shelf lines of 100 nm each and 3 across shelf lines of 75 N.M. each (total 525 N.M.) with a survey speed of 5 knots (red box in Fig. 2).*

*These data will support the identification of suitable coring stations for multicorer (MUC), gravity corer (GC), and box corer (BC). Adjacent to the selected coring stations, smaller areas of approx. 1.5x1 N.M. will be recorded in full coverage using the onboard hydro-acoustic systems, which is expected to be done in 3 hours each.*

*Along transect from the inner shelf towards the continental slope MUC and GC will be taken at ca. 11 stations. Pore waters will be extracted from both MUC and GC to allow conclusions about the importance of diagenetic Mn and Fe cycling.*

*Additionally we will deploy a mooring for a duration of two years at the transition from the shelf to the deep South China Sea. The mooring will contain a sediment trap, acoustic current meters equipped with CTD and fluorometer as well as a nitrate sensor (St.72 in Fig. 3).*

---

**Zeitplan / Schedule****Fahrt / Cruise SO269**

---

Auslaufen von Hafen (Singapur) am 02.08.2019 <i>Departure from Port (Singapore) 02.08.2019</i>	
Transit von Singapur zum Arbeitsgebiet <i>Transit from Singapore to working area</i>	4.0 d 4.0 d
Transits zwischen den Linien mit geschleppten Instrumenten <i>Transits between the Lines L1-L3 with towed instruments</i>	54.9 h 54.9 h
Transits zwischen den Linien mit geschleppten Instrumenten <i>Transits between the. Lines L4-L8 with towed instruments</i>	52.5 h 52.5 h
Hauptstation (5): Wassertiefe ~ 100 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN, in-situ-Pumpe, GC, MUC, Box-Corer <i>Main station (5): Water depth ~100 m, CTD with LISST, Turbomap, MSN, in-situ pump), GC, MUC, box corer</i>	41.5 h 41.5 h
Hauptstation (3): Wassertiefe 200-300 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN, in-situ-Pumpe, GC, MUC, Box-Corer <i>Main station (3): Water depth 200-300 m, CTD with LISST, Turbomap, MSN, in-situ pump, GC, MUC, box corer</i>	25.5 h 25.5 h
Hauptstation (4): Wassertiefe 3000 m, CTD/LISST, Turbomap, MSN, in-situ-Pumpe, GC, MUC, BC <i>Main station (4): Water depth 3000 m, CTD with LISST, Turbomap, MSN, in-situ pump, GC, MUC, box corer</i>	67.0 h 67.0 h
Nebenstation (31): Wassertiefe ~ 100 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN <i>Secondary station (31): Water depth ~100 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN</i>	54.3 h 54.3 h
Nebenstation (10): Wassertiefe 1000-3000 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN, GC, MUC <i>Secondary station (10): Water depth 1000-3000 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN, GC, MUC</i>	122.2 h 122.2 h
Nebenstation (20): Wassertiefe < 700 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN, BC <i>Secondary station (20): Water depth &lt;700 m, CTD mit LISST, Turbomap, MSN, BC</i>	57.8 h 57.8 h
Hydroakustische Linien (6): jeweils 3 längs und quer des Schelfs verlaufend <i>Hydro-acoustic lines (6): 3 along- and across-shelf lines</i>	105.0 h 105.0 h
Hydroakustische Messungen an ausgewählten Bohrkernstationen <i>Hydro-acoustic registrations at selected coring stations</i>	30.0 h 30.0 h

Gezeitenzyklus (2): Strömungsregistrierungen über 25 h, Auflösen des Gezeitenzyklus, inclusive Verankerungsarbeiten	50.0 h
<i>Tidal cycle (2): Currents registration including mooring work over 25 h, resolving tidal cycle</i>	<i>50.0 h</i>
Transits zwischen den Linien L1-L2-L3	18.3 h
<i>Transits between the lines L1-L2-L3</i>	<i>18.3 h</i>
Transit to Hong Kong von der letzten Station	6.0 h
<i>Transit to Hong Kong from the last station</i>	<i>6.0 h</i>
Gesamte benötigte Arbeitszeit	(679 h) 28.3 Tage
<i>Total working time required</i>	<i>(679 h) 28.3 d</i>

Einlaufen in Hafen (Hong Kong) am 03.09.2019  
*Arrival in Port (Hong Kong) 03.09.2019*

### Wissenschaftliches Programm

Die Ausfahrt SO270 MASCARA ist interdisziplinär ausgerichtet. Die zu untersuchenden Themenkomplexe sind die Karbonat-sedimentologie, die Mikropaläontologie, die marine Biogeochemie und die physische Ozeanographie der Saya de Malha Bank (SMB). Die Untersuchungen haben das Ziel, die Dynamik des Flachwasserkarbonatsystems zu erfassen, und die Signaturen der agierenden Prozesse in der Zeit zurück zu verfolgen.

- Eine zu prüfende Hypothese ist, dass die Sequenzstratigraphie der SMB Karbonatplattform nicht nur durch vergangene Meeresspiegelschwankungen kontrolliert wurde, sondern auch durch starke Strömungen, die diesen Kontrollfaktor überprägen. Strömungen, die auf die Plattform treffen, (1) prägen die Entwicklung der Karbonatplattform-Flanken und (2) lagern im Inneren der Plattform und an den Hängen Driftkörper ab. Karbonatplattformen, die stark durch Konturströmungen beeinflusst sind, weisen zurückschreitende Flanken auf, eine Geometrie, die sonst als Antwort auf einen steigenden Meeresspiegel interpretiert werden. Driftkörper wie zum Beispiel Periplattformdrifts werden in Bereichen heruntergesetzter Strömungsgeschwindigkeiten gebildet.

Drei Areale der SMB wurden identifiziert, um diesen Themenkomplex zu untersuchen und die seismische Stratigraphie der östlichen und westlichen Flanken der Karbonatplattform sowie der Passage zwischen SMB und Nazareth Bank zu erfassen. Driftablagerungen werden an der westlichen Seite dieser Schwelle erwartet. Publierte Daten deuten darauf hin, dass die östliche Seite der SMB einem retrogradierenden

### Scientific Programme

*The research cruise SO270 MASCARA integrates the following disciplines: Carbonate sedimentology and stratigraphy, micropaleontology, marine biogeochemistry, and physical oceanography. Jointly, these disciplines will unravel the dynamics of the Saya de Malha (SMB) shallow-water carbonate system, and allow to trace back this evolution in time.*

- *One hypothesis to test is that the sequence stratigraphic stacking pattern of the SMB carbonate platform is not only controlled by sea level, because the physical effects of currents outbalance this driver. Currents impinging on the platform are proposed to (1) shape the platform slopes and (2) to form carbonate drifts in the platform and at the platform flanks. Carbonate platform slopes affected by contour currents seem to exhibit a backstepping pattern which is a growth mode usually attributed to episodes of sea level rises. In areas of decelerated currents, the Mascarene Plateau is predicted to contain drift depositional successions. Such drifts should be comparable to periplatform drifts from other carbonate platforms.*

*Three areas from SMB were chosen to address this topic and to resolve the seismic stratigraphy of the western and eastern flanks and the strait separating SMB and Nazareth Bank; drifts are expected to line the western flank of this swell. Based on published data, the eastern flank appears as a current-controlled aggrading to backstepping margin, whereas the western margin*

Muster folgen, während die westliche Seite aggradierende bis schwach progradierende Wachstumstendenzen aufweisen. Eine andere Möglichkeit, die auch überprüft werden soll, ist, dass steil einfallende Störungen diese Flanke der Bank prägen. Hangrutschungen und Turbidite würden in diesem Fall den jüngsten Teil der Abfolge charakterisieren. Um diese Fragen beantworten zu können, müssen auf jeden Fall die geplanten Vermessungen durchgeführt werden, da die vorhandenen Daten eine zu geringe Auflösung haben, um ein klares Bild zu vermitteln. So können zum Beispiel nur neue hochauflösende Daten klären, ob eine tektonische Überprägung der Sedimentation stattfindet oder stattgefunden hat.

- Die Ausfahrt wird auch die Frage beantworten, wie interne Wellen durch den Eintrag von Nährstoffen mit der Karbonatproduktionsstätte im Flachwasserbereich interagieren, und welche sedimentären Auswirkungen die durch die Wellenbrechung ausgelösten Strömungen haben.

- Die SMB wird durch Oberflächen- und Zwischenwassermassen beeinflusst, die durch aussergewöhnlich starke Gradienten charakterisiert sind. Es soll geprüft werden, wie sich die Vermischung der Südhemisphärenwasser mit den nährstoffreichen Wassermassen aus dem Norden auf die Karbonatproduktion niederschlägt. Zusätzlich zum physikalischen Stress erwarten wird, dass die Aufdomung des Aragonituntergesättigten Wassers das Riffwachstum auf SMB beeinflusst. Verstärkt könnte der Effekt durch Auftrieb von den Gewässern in das Plattforminnere werden, was in den Fluxmustern und im Karbonatsystem erfasst werden sollte.

*shows aggradational to weakly progradational geometries. An alternative is to interpret steeply dipping normal faults to intersect this margin; slumps and turbidites are interpreted to form the youngest part of the succession. In both cases, however, the nature of the slope deposits and the relationship between the flank and inner platform deposits have to be resolved, as available data do not provide a clear picture. It has for example to be tested if the fault structures interpreted in the published low resolution seismic lines show up in higher resolution data, or if these structures have a sedimentary origin (i.e. drifts).*

- *The research cruise also aims to test the hypothesis that internal waves interact with the carbonate factory and are a controlling factor of sedimentation in the inner part of the carbonate platform. Internal waves on one hand side can inject nutrient-rich waters in the shallow water realm and on the other hand side physical affect sedimentation shallow-water areas of SMB.*

- *The unusually steep gradients in intermediate and surface water properties impinging on the SMB lead to the hypothesis to be tested that productivity and sedimentation rates and patterns reflect a mixing gradient between the southern hemispheric subtropical gyre water and nutrient enriched water from the monsoonal northern Indian Ocean. In addition to physical stress, the doming of aragonite-corrosive intermediate waters limits reef growth along the SMB. The same process is enhanced by upwelling that exposes inner platforms to corrosive deep waters. The effects of this process chain must be visible in flux patterns across the sediment-water interface, and in particular in spatial gradients of carbonate system parameters along the N-S gradient.*

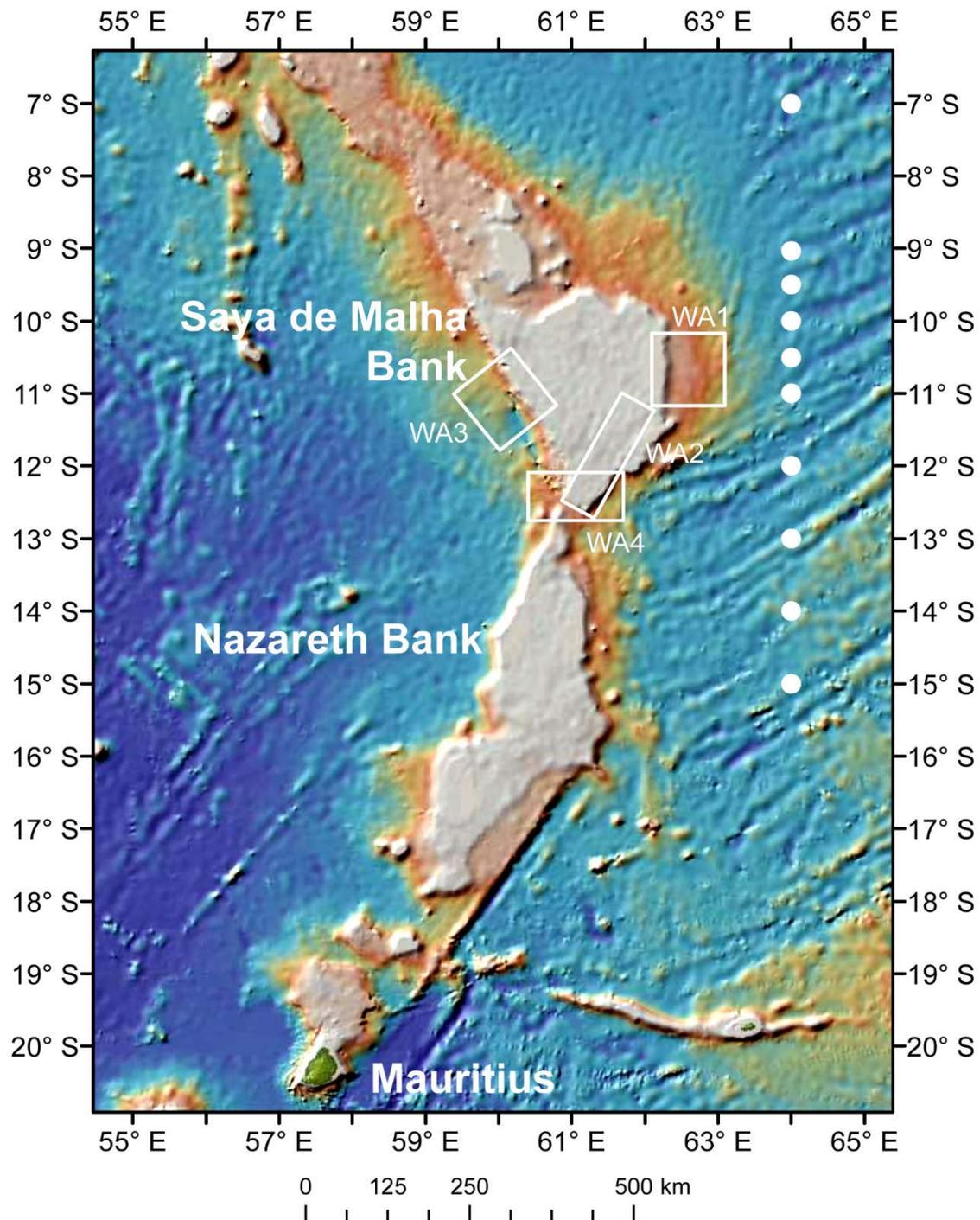


Abb. 4 Das Untersuchungsgebiet der Ausfahrt SO270 MASCARA mit CTD Stationen (Kreise) und den sedimentologisch-stratigraphischen Untersuchungsbereichen 1-4 (Rechtecke).

Fig. 4 The research area of cruise SO270 MASCARA with CTD stations (circles) and sedimentological-stratigraphical working areas 1-4 (rectangles).

## Arbeitsprogramm

Drei Bereiche wurden in der Saya de Malha Bank identifiziert, um die Hypothese zu verifizieren, dass Strömungen das Karbonatplattformensystem kontrollieren (Abb. 4) und somit die Sequenzstratigraphie von Karbonatplattformen prägt. Die Gebiete, in denen Daten zur Verifizierung dieser Hypothese gewonnen werden sollen, decken dabei die Flanken der Saya de Malha Bank ab, um dort zu klären, ob dort Driftablagerungen auftreten und ob ein zurückschreitendes Wachstumsmuster der Plattformränder vorliegt. Dies sind die wichtigsten Hinweise auf die Aktivität von Kon-turströmungen.

Basierend auf veröffentlichten Seismik Daten sollten die Driftablagerungen eine Mächtigkeit von ca. 450 m erreichen. Diese Daten, die allerdings eine sehr schlechte Auflösung haben, deuten weiter darauf hin, dass die östliche Flanke der Bank aggradierend bis zurückschreitend ist, während dessen die westliche Flank aggradierende bis schwach progradierende Geometrien zeigt. Diese Aussagen sind mit den vorhandenen und publizierten Datensätzen als eine mögliche Interpretation zu sehen und mit hochauflösenden Daten zu verifizieren.

In jedem der identifizierten Gebiete werden wir systematisch die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte durchführen. Zunächst werden Übersichtsprofile vermessen unter Einsatz der Mehrkanalseismik, des Parasounds sowie des Fächerecholots. ADCP - Messungen werden dazu begleitend durchgeführt. Die Profile werden senkrecht zum Hang orientiert sein und durch kreuzende Profile verbunden werden. Ein erster Brute Stack Prozessierungsschritt der Seismikdaten wird unter Einsatz der Anwendung ProMAX (Halliburton-Landmark) durchgeführt; Die Fächerecholotdaten werden einer ersten Säuberung unter Anwendung des Programms QINSy 8 Pro AS unterworfen. Alle so erstellten Daten (inkl. Parasound) sollen dann in die Applikation Petrel (Schlumberger) importiert werden für eine erste Evaluation und für die weitere Fahrtplanung. Das so generierte Projekt wird

## Work Programme

*Three areas from SMB where chosen to address the question of how currents interact with the carbonate platform (Fig. 4) and to resolve the seismic stratigraphy of the western and eastern flanks and the strait separating SMB and NB; ca. 450 m thick drifts are expected to line the western flank of this swell.*

*Based on published data, the eastern flank appears as a current-controlled aggrading to backstepping margin, whereas the western margin shows aggradational to weakly progradational geometries. Steeply dipping normal faults were previously interpreted to intersect this margin; slumps and turbidites are interpreted to form the youngest part of the succession. In both cases, however, the nature of the slope deposits and the relationship between the flank and inner platform deposits have to be resolved, as available data do not provide a clear picture. For example, it has to be tested if the fault structures interpreted in the published low resolution seismic lines show up in higher resolution data, or if these structures have a sedimentological origin (i.e. drifts).*

*In each area we will follow a systematical approach of working steps. First, overview grids of seismic, Parasound and multibeam lines will be acquired. Accompanying ADCP measurements will be performed continuously. Lines will be oriented normal to the slope, with some crossing lines. A first brute-stack processing of the seismic data will be carried out during the cruise with the commercial ProMAX software (Halliburton-Landmark), and a first cleaning of the multibeam data as well as bathymetric charts and backscatter computing will be applied with the QINSy 8 Pro AS software. Data then will be loaded in our seismic interpretation software Petrel (Schlumberger) for preliminary examination and further cruise planning.*

*Seismic and hydroacoustic overview data will allow discrimination of acoustic facies for the determination of sedimentological sampling*

auch während der späteren Projektphasen kontinuierlich durch neue und re-prozessierten Daten ergänzt werden.

Die Informationen, die aus den seismischen und hydroakustischen Daten gewonnen werden können, werden einfließen in die Festlegung sedimentologischer Beprobungsstationen (Kastengreifer und Schwerelot). Der Geräteeinsatz erfolgt dabei nach einer Evaluation der zu erwartenden Sedimenteigenschaften. Die Schwerelotkerne werden an Bord geöffnet, um eine erste makroskopische Beschreibung durchzuführen. Die ADCP Daten werden gesichtet und einem ersten Auswertungsschritt unterworfen werden, um CTD Stationen festzulegen. Entsprechend der Wassermassenzonierung werden dann auch gezielt die unterschiedlichen Driftkörper, die wir in Wassertiefen von 300 - 5000 m erwarten, mit Schwerelot und MUC beprobt werden, um so die sedimentären Signaturen dieser unterschiedlichen Körper und letztendlich deren temporale Veränderungen zu erfassen.

Die an den Flanken der Saya de Malha gewonnenen Sedimentproben sollen auch bezüglich ihrer Foraminiferenassoziationen untersucht werden. Dafür werden die frisch gewonnenen Proben mit Bengal rosa gefärbt, um lebendige Individuen zu markieren. Die Faunen werden dann einer statistischen Korrelation zu ozeanographischen (Temperatur, Salinität, Sauerstoff), biogeochemischen (Organik) und sedimentologischen Daten unterworfen. Damit werden wir die ökologischen Faktoren erfassen, die für die Faunenverteilung bestimmend sind. Aus den Untersuchungen wird auch der erste Datensatz für den zentralen Indik generiert werden, der eine Tiefenverteilung der unterschiedlichen Assoziationen determiniert. Die Untersuchung und Quantifizierung von autochthonen und allochthonen Elementen wird auch einen entscheidenden Beitrag zum Verständnis der strömungskontrollierten Umlagerungsprozesse in der SMB liefern.

Um den Einfluss der internen Wellen auf das Sedimentationsgeschehen auf der Saya de Malha Bank zu entziffern, ist folgendes schrittweise Vorgehen geplant: Basierend auf

*sites at several stations with box and gravity cores. Tools will be used depending on the expected nature of the sediments. ADCP data will be used to decide the location of CTD measurements in order to ensure that all water masses are sampled. Drift sediments at various depths will be analyzed to reconstruct variations in current strength for the different water masses affecting SMB especially where independent drift bodies seem to be located at water depths between 3000 and 500 m. In dependence of water depth, drift sediments are assumed to record the current strength of different water masses. Sediment sampling will also comprise MUC and gravity cores to register the youngest variations as well as long-term changes in water masses and current strength. Cores will be recovered at stations previously identified in the hydroacoustic data. Appropriate coring locations will be characterized by continuous deposition, i.e. in areas with no or minor unconformities. For comparison, additional samples will be taken where contour current related drift sediments are expected at the SMB flanks.*

*For studying the distribution patterns and ecology of Recent benthic foraminiferal faunas, surface sediments will be sampled at all sedimentological stations covering the different shelf environments of the SMB and adjacent bathyal to abyssal basin environments. Sediments will be preserved in an ethanol/rose Bengal solution for differentiation of life and dead individuals. The faunal data will be statistically related to oceanographic (T, S, oxygen), biogeochemical (TOC, degradation state of organic matter), and sedimentological (grain size, carbonate etc.) data obtained from the same sites. This strategy allows for unraveling the environmental factors that control the faunal distribution patterns. Specifically, the data set will be used as reference for development of a regional transfer function applicable to quantitative bathymetric reconstructions. This will provide quantitative information on the proportion of autochthonous and allochthonous components and thus sediment transport in different SMB environments.*

*To test the hypothesis that internal waves interact with the carbonate factory we propose*

den Fernerkundungsdaten wurden insgesamt sieben Verläufe für zu vermessende Profile identifiziert (Seismik, Hydroakustik), um diesen Themenkomplex zu bearbeiten. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Region zu legen sein, wo eine Refraktion der Wellen erkennbar ist. Diese liegt in Wassertiefen zwischen 100 und 240 m. In diesem Bereich haben die internen Wellen Grundberührung. Wir erwarten hier am Meeresboden submarine Dünen, die proximal und distal in parallel bis subparallel gelagerte Sedimente übergehen. Insgesamt gehen wir davon aus, dass die Sedimente von ihrer Konsistenz und ihrem Abbild her (Parasound) sehr ähnlich sind zu Komplexen, die in der geologischen Überlieferung sonst als Flachwasserebene interpretiert wurden. Wenn die Zwischenergebnisse es nötig erscheinen lassen, wird dieses Profilgrundraster evtl. zu erweitern sein, um zusätzliche relevante Daten zu erfassen.

Ein weiterer wichtiger Arbeitsschritt für die Erstellung des Sedimentationsmodells für einen durch interne Wellen geprägten Ablagerungsraum wird die Sedimentbeprobung sein. Entsprechend den Sedimentcharakteristika (z.B. Körnigkeit) wird diese Beprobung mit Kastengreifer oder Schwerelot durchgeführt. Die Sedimentbeprobung soll an Positionen stattfinden, an denen wir Wechsel in den hydroakustischen und seismischen Fazies erkennen. Wir erwarten stark vereinfacht eine Zone mit episodischer Sedimentmobilisierung und Auswaschung der feinen Partikel und einen Komponentenexport von dieser Zone in flachere und tiefere Bereiche. Die Proben werden an Bord makroskopisch beschrieben und für weitere Untersuchungen nach der Ausfahrt (Komponenten, Karbonatmineralogie, Foraminiferenvergesellschaftungen, Korngrößen) vorbereitet.

In einem weiteren Arbeitsschritt soll die Sedimentologie und Stratigraphie mit der Ozeanographie, wie über ADCP und CTD erfasst, korreliert werden. Die internen Wellen auf der Saya de Malha Bank treten ca. im 12 Stunden-Rhythmus auf. Die am Durchlaufen der Wellen gebundene Veränderungen der Wassersäule sollen daher über 27 stündige fixe

*the following step by step procedure to collect the data needed. First, four NE-SW seismic and hydroacoustic lines and three crossing lines will be acquired in an area chosen based on remote sensing data, which show the paths of the IWs. A special focus will be on the zone where wave refraction is seen in the satellite imagery corresponds to water depths between 240 and around 100 m. This wave refraction area reflects the zone, where IW base has ground contact. At the sea floor, this zone is expected to display shoal like architectures (large scale low angle cross bedding, dipping layering, submarine dunes) resolvable in the Parasound data. Up- and downslope, sedimentary structures are expected to pass into flat to subparallelly bedded sediments. After a first evaluation of the acquired data in areas relevant for model development, this grid will be amended with Parasound and seismic lines if needed in a second working step.*

*A third working step aims to recover sediment samples to link depositional geometries with sediment types along a shallow to deep transect of facies from the carbonate factory down to the area located below IW base. Sampling locations will be defined after the evaluation of seismic, Parasound and multibeam data. Sampling will be performed with box and gravity core sampling, depending on the nature of the sediment. Strongly simplified, we expect a series of depth-dependent facies belts. In the area of IW base, winnowed deposits are expected, with particle reworking towards deeper and shallow areas. Samples will be analyzed regarding their composition (components, carbonate mineralogy, foraminiferal fauna) and grain size.*

*A fourth working step is planned to link sedimentology and stratigraphy to oceanography via ADCP measurements and CTD profiles. IWs on SMB appear as semi-diurnal packets, which implies that two 27 h ADCP and CTD stations are planned in order to reliably trace (1) wave amplitude and (2) water movement. One station is planned at 263 m water depth*

ADCP und CTD Stationen erfasst werden, um (1) die Amplitude der internen Wellen und (2) die an die Wellen gebundene Wasserbewegung zu vermessen. Eine Station ist bei 263 m Wassertiefe geplant (unterhalb der aus den Fernerkundungsdaten abgeleiteten Tiefe der Wellenbasis), die andere bei 150 m (Tiefe, in der die Wellen brechen). Die Position der Stationen wird auf jeden Fall vor den Messungen noch einmal anhand einer ersten Prüfung des Fächerecholot und der Parasounddaten verifiziert.

Da die Saya de Malha Bank durch ungewöhnlich steile Gradienten der Zwischen- und Oberflächenwassermassen beeinflusst wird, gilt es hier zwei Hypothesen zu testen. Zum einen erwarten wir von Nord nach Süd Veränderungen der Karbonatproduktionsstätten, da Auftriebsregionen im Bereich des Südäquatorialstromes nährstoffreicheres Wasser ins Flachwasser eintragen. Dies ist im Einklang mit der Beobachtung, dass Korallenriffe auf der Bank, wie sonst in tropischen Plattformen üblich, nicht bis zum Meeresspiegel wachsen und der Annahme, dass die Organismenvergesellschaftungen im Bereich nahe der Eutrophierungsgrenze für das Wachstum vom Korallen liegt. Dieser hohe Nährstoffeintrag könnte ein gewichtiger Grund dafür sein, dass die Bank partiell ertrunken ist.

Im pelagischen Bereich erwarten wir Veränderungen der Zusammensetzung des Planktons. Letztendlich ist für eine Verifizierung der Kontrollmechanismen der Veränderungen der unterschiedlichen Vergesellschaftungen die Charakterisierung der Eigenschaften der Wassermassen nötig. Dies soll durch ein Stationstransect von 7° bis 15° S entlang der Länge 64°E erreicht werden (Abb. 4).

Die Erfassung des Einflusses des Auftriebs tieferer Wassermassen wird für die obersten

*(i.e. below IW base), the other at 150 m (i.e. in the zone, where the IWs are expected to break). In any case, the positions will be confirmed or rectified after a first evaluation of the multibeam and Parasound data. MCS imaging of internal waves (Ocean Seismics) and the thermohaline structure will be carried out using high-resolution sources and a separate multi-channel short-streamer.*

*We propose that the northern part of SMB should bear a carbonate factory reflecting higher nutrient input than the southern part due to the upwelling associated with the cyclonic circulation; usually this results in reduced carbonate production and sedimentation rates. This is based on the observation that SMB reefs do not grow to sea level, as is the case in other tropical carbonate platforms. The flora and fauna of SMB were previously interpreted as an association close to the lower eutrophication threshold level of coral reefs, which is achieved when weed algae overgrow the corals. This high eutrophication could be the major reason that SMB is partially drowned.*

*In the pelagic realm, we expect plankton communities to differ, with diatoms present in suspended and sinking matter and surface sediment of the northern sector and lacking in the southern sector. Characterizing biogeochemical water mass properties and understanding their control on sedimentation patterns and processes is essential to interpret the sedimentary record with respect to climate and oceanographic changes. The planned investigation will help to evaluate and establish proxies for sediment core studies. The characterization of the pelagic conditions will be achieved along a N-S transect of stations between 7° and 15° S at 64° E (Fig. 4).*

*To investigate and reconstruct the influence of upwelling and nutrient sources in water*

1000 m der Wassersäule durch einen kombinierten Ansatz erreicht. Ein Ferrybox System wird für die gesamte Ausfahrt eingesetzt, um die Oberflächenwassereigenschaften alle 30 Sekunden, den Nährstoffgehalt alle 30 Minuten zu messen. Die Isotope des reaktiven Stickstoffs in den CTD Wasserproben entlang des N-S Transekts (siehe oben) dienen als Tracer der Wassermassen, deren Entwicklung und deren Herkunft. Dieser Schritt wird ergänzt durch die Beprobung der Planktonfaunen mit einem Multinetz, um so die stabilen Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope sowie die Stickstoffisotope der planktonischen Foraminiferen zu erfassen.

Die Aragonit- und Kalzitsättigungszustände der Wassermassen um die Saya de Malha Bank sind unbekannt. Daher sollen während der Ausfahrt kontinuierlich automatisierte totale Alkalinitätsättigungsmessungen und CO<sub>2</sub>-Konzentrationsmessungen durchgeführt werden. Entsprechende Tiefenprofile des gelösten Kohlenstoffs, der Alkalinität und des Silikats werden in diskreten CTD Proben, Bodenwasserschöpferproben und Multicorer Porenwasser (Rhizon-Extraktion) gemessen.

*masses down to 1000 m deep, a combined approach will be adopted. A ferrybox system equipped for physical and biogeochemical (nutrients) sampling will be installed throughout the cruise and will measure water characteristics at the sea surface every 30 seconds and nutrients every 30 minutes. CTD and water sampling will serve to investigate the influence of upwelling and nutrient sources in water masses up to 1000 m deep along a N-S transect. Complementary multinet hauls will be obtained to study the structure of plankton communities and stable oxygen, carbon, and nitrogen isotope composition of planktonic foraminifera.*

*Aragonite and calcite saturations states have so far not been determined in the water column around SMB and in sediment pore waters. Therefore it is planned to map aragonite and calcite saturation states continuously during the cruise in surface water by underway systems equipped with an automatic Total Alkalinity Titration unit and state-of-the-art CO<sub>2</sub> sensors. Depth profiles of DIC, total alkalinity, and silicate will be established in discrete samples taken by CTD, the bottom water sampler, and pore waters extracted from multicorer samples by rhizons.*

	Tage/days
Auslaufen von Hongkong (China) am 06.09.2019 <i>Departure from Hong Kong (China) 06.09.2019</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	16
CTD / MSN Transekt zwischen 7° und 15°S, bei 64°E, Transit nach WA1. <i>CTD / Multinet transect between 7° and 15°S, at 64°E, transit to WA1</i>	3.8
Seismisches / hydroakustisches Survey, geologische Beprobung WA1 <i>Seismic / hydroacoustic survey, geological sampling WA1</i>	5
Seismisches / hydroakustisches Survey, geologische Beprobung WA2 <i>Seismic / hydroacoustic survey, geological sampling WA2</i>	10.8
Seismisches / hydroakustisches Survey, geologische Beprobung WA3 <i>Seismic / hydroacoustic survey, geological sampling WA3</i>	4.6
Seismisches / hydroakustisches Survey, geologische Beprobung WA4 <i>Seismic / hydroacoustic survey, geological sampling WA4</i>	5
Transit zum Hafen Port Louis <i>Transit to port Port Louis</i>	1.8
	Total 47
Einlaufen in Port Louis (Mauritius) am 23.10.2019 <i>Arrival in Port Louis (Mauritius) 23.10.2019</i>	

**Wissenschaftliches Programm**

BGR hat im Jahr 2011 ein Prospektionsprogramm für polymetallische Sulfide im westlichen Indischen Ozean nahe der Rodriguez Triple Junction gestartet. Die Aktivitäten basieren auf früheren deutschen Forschungsfahrten in die gleiche Region: GEMINO (Geothermal Metallogenesis Indian Ocean, 1983 (SO-28), 1986 (SO-43) und 1987/88 (SO-52); HYDROTRUNC (1993/94, SO-92); HYDROCK (1995, M-33/2). Der Prospektionsstatus der BGR wurde 2011 durch die Internationale Meeresbodenbehörde (International Seabed Authority) anerkannt. Die Ergebnisse der Ausfahrten zwischen 1983 und 1995 sind wichtige Grundlage für geologische, geophysikalische, biologische und Umweltdaten der ausgesuchten Areale. Neue Prospektionsfahrten in das Gebiet wurden durch die BGR in den Jahren 2011 (INDEX 2011), 2012 (INDEX 2012), 2013 (INDEX 2013/1-2) und 2014 (INDEX 2014) durchgeführt. Insgesamt wurden 505 km des südlichen Central Indian Ridge und 475 km des nördlichen Südostindischen Rückens kartiert, jeweils in einem etwa 70 km breiten Streifen. Als bevorzugtes Areal für eine Lizenznahme wurde ein Gebiet von 57.000 km<sup>2</sup> bathymetrisch mit einer Auflösung besser als 40 m vermessen. In den Jahren 2012 bis 2014 wurden in Vorbereitung der Lizenzbeantragung die ersten sogenannten Sulfidblöcke und -cluster detailliert kartiert, definiert und festgelegt. Das Programm beinhaltete außerdem die Erfassung geophysikalischer Daten (Magnetik, Elektromagnetik, Gravimetrie) sowie geologischer, biologischer und Umweltdaten für Basisinformationen sowie die Entwicklung und Implementierung erfolgreicher Explorationsstrategien. Die Prospektionsarbeiten beinhalteten ein Gesteins- und Sedimentbeprobungsprogramm, die Messung ozeanographischer Parameter sowie Biodiversitäts- und Habitatuntersuchungen entlang des südlichen Zentralindischen und nördlichen Südostindischen Rückens und der Spreizungszentren

**Scientific Programme**

*BGR started a new prospecting programme for polymetallic sulphides in the western Indian Ocean in the vicinity of the Rodriguez Triple Junction in 2011, following a series of earlier German research cruises to the same area in the framework of the GEMINO (Geothermal Metallogenesis Indian Ocean) projects in 1983 (SO-28), 1986 (SO-43) and 1987/88 (SO-52), and the subsequent HYDROTRUNC (1993/94, SO-92) and HYDROCK (1995, M-33/2) projects. BGR's prospecting status was granted by the ISA in 2011. Data from the 1983 to 1995 cruises provide reconnaissance information on geological, geophysical, biological and environmental characteristics of the notified area. New prospecting cruises were carried out by the BGR in the years 2011 (INDEX 2011), 2012 (INDEX 2012), 2013 (INDEX 2013/1-2) and 2014 (INDEX 2014) to the notified area. In total, 505 km of the southern Central Indian Ridge and 475 km of the northern Southeast Indian Ridge were mapped with an average width of 70 km. As a prime exploration target area, a total of 57.000 km<sup>2</sup> was covered by a new overview swath bathymetry with a resolution better than 40 m. In 2012 to 2014, the first sulphide blocks and clusters required for BGR's application for approval of a plan of work for exploration in the "Area" were mapped in much greater detail using ship-based and deep-towed swath bathymetry. The programme included the collection of geophysical data (magnetics, electromagnetics, gravimetry), geological, biological and environmental data for base line studies, as well as the testing and implementation of successful exploration programme strategies. The prospecting also included a rock and sediment sampling programme, measurements of oceanographic parameters and the study of biodiversity and habitats along the southern Central Indian and northern Southeast Indian Ridge spreading centres as well as, and in much greater detail, in*

sowie in wesentlich größerem Detail in Gebieten nahe bekannter aktiver Hydrothermalfelder und inaktiver Sulfidareale. Der Vergleich dieser rezenten Studien mit Resultaten früherer deutscher Forschungskampagnen zwischen 1983 und 1995 ermöglicht Zeitreihen in der Beobachtung der verschiedenen Parameter. Der deutsche „Antrag auf Annahme eines Arbeitsplanes für die Exploration polymetallischer Sulfide zur Erlangung eines Vertrages“ wurde vor der Legal and Technical Commission der Internationalen Meeresbodenbehörde (ISA) in Kingston, Jamaica am 5. Februar 2014 präsentiert. Der Explorationsvertrag wurde am 6. Mai 2015 in Berlin unterzeichnet und ermächtigt und verpflichtet Deutschland, vertreten durch die BGR, zu einem 15-jährigen Explorationsprogramm in den definierten Sulfidblöcken. Die Blöcke sind in 12 Clustern entlang des südlichen Zentralindischen und des nördlichen Südostindischen Rücken zusammengefasst (Abb. 1). Das INDEX Explorationsprogramm startete 2015 mit der Ausfahrt INDEX 2015 ab/an La Reunion und der gecharterten niederländischen M/V PELAGIA. Die Ausfahrt beinhaltete geophysikalische Vermessungen und in einem zweiten Fahrtabschnitt die Nutzung des kanadischen ROPOS. Neue Sulfidfelder ALPHA und EDMOND-GAUSS-SCORE wurden identifiziert, kartiert und erstmalig beprobt. Ausfahrt INDEX 2016 folgte im Januar-Februar 2016 mit der Charter der französischen R/V POURQUOI PAS?. Die Ausfahrt beinhaltete geophysikalische Vermessungen und in einem zweiten Fahrtabschnitt die Nutzung des kanadischen ROPOS. Neue Sulfidfelder ALPHA und EDMOND-GAUSS-SCORE wurden identifiziert, kartiert und erstmalig beprobt. Ausfahrt INDEX 2016 folgte im Januar-Februar 2016 mit der Charter der französischen R/V POURQUOI PAS?. Das neue Hydrothermalfeld PELAGIA, das erste Feld entlang des gesamten Südost-indischen Rückens, wurde kartiert und mit dem französischen ROV VICTOR beprobt. Eine weitere Ausfahrt 2016 erfolgte als INDEX2016\_2 an Bord der MARIA S. MERIAN zwischen Oktober und Dezember 2016. Ziel der Fahrt war die erstmalige 3D-seismische Vermessung des EDMOND-GAUSS-SCORE Areal (Cluster 4) in einem ersten Fahrtabschnitt und die detaillierte Exploration der Lizenzcluster 1-2-3, verbunden mit einem umfangreichen sedimentären und ozeanographischen Arbeitsprogramm für die Umweltuntersuchungen im Rahmen der Lizenzarbeiten.

*areas close to known active hydrothermal vent fields and inactive sulphide sites. The comparison of these recent studies with results from the earlier German research cruises conducted between 1983 and 1995 provides temporal information on the variations in observed parameters.*

*The German “application for approval of a plan of work for exploration for polymetallic sulphides to obtain a contract” was presented to the Legal and Technical Commission of the ISA in Kingston, Jamaica on February 5th, 2014. The exploration contract was signed on May 6th 2015 in Berlin and enabled and obliged Germany, represented by BGR, to carry out a 15-years exploration programme in the defined sulphide blocks. The blocks are confined in 12 clusters along the southern Central Indian Ridge and the northern Southeast Indian Ridge (Fig. 1).*

*The INDEX exploration programme started in 2015 with cruise INDEX 2015. BGR chartered the Dutch research vessel M/V PELAGIA for the cruise out- and inbound La Reunion. The cruise included intense geophysical measurements and the use of the Canadian ROPOS during Leg 2. The new sulphide site ALPHA and the EDMOND-GAUSS-SCORE sites were identified, mapped and sampled for the first time. Cruise INDEX 2016 followed in January-February 2016 with charter of the French R/V POURQUOI PAS?. The new vent field PELAGIA, the first vent site along the entire Southeast Indian Ridge, was mapped and sampled with the French ROV VICTOR. The cruise INDEX2016\_2 occurred on board the MARIA S. MERIAN in October to November 2016. It aimed at the first 3D seismic measurements on the EDMOND-GAUSS-SCORE site (cluster 4) during leg 1 and the detailed exploration of license clusters 1-2-3 including an intense sedimentary and oceanographic programme for BGR’s environmental tasks. Cruise SO259 (INDEX2017) with TFS SONNE started in Colombo/Sri Lanka and ended in Cape Town/South Africa (August-October 2017). Apart from the survey of the southernmost exploration clusters, the cruise identified the NEW SONNE field.*

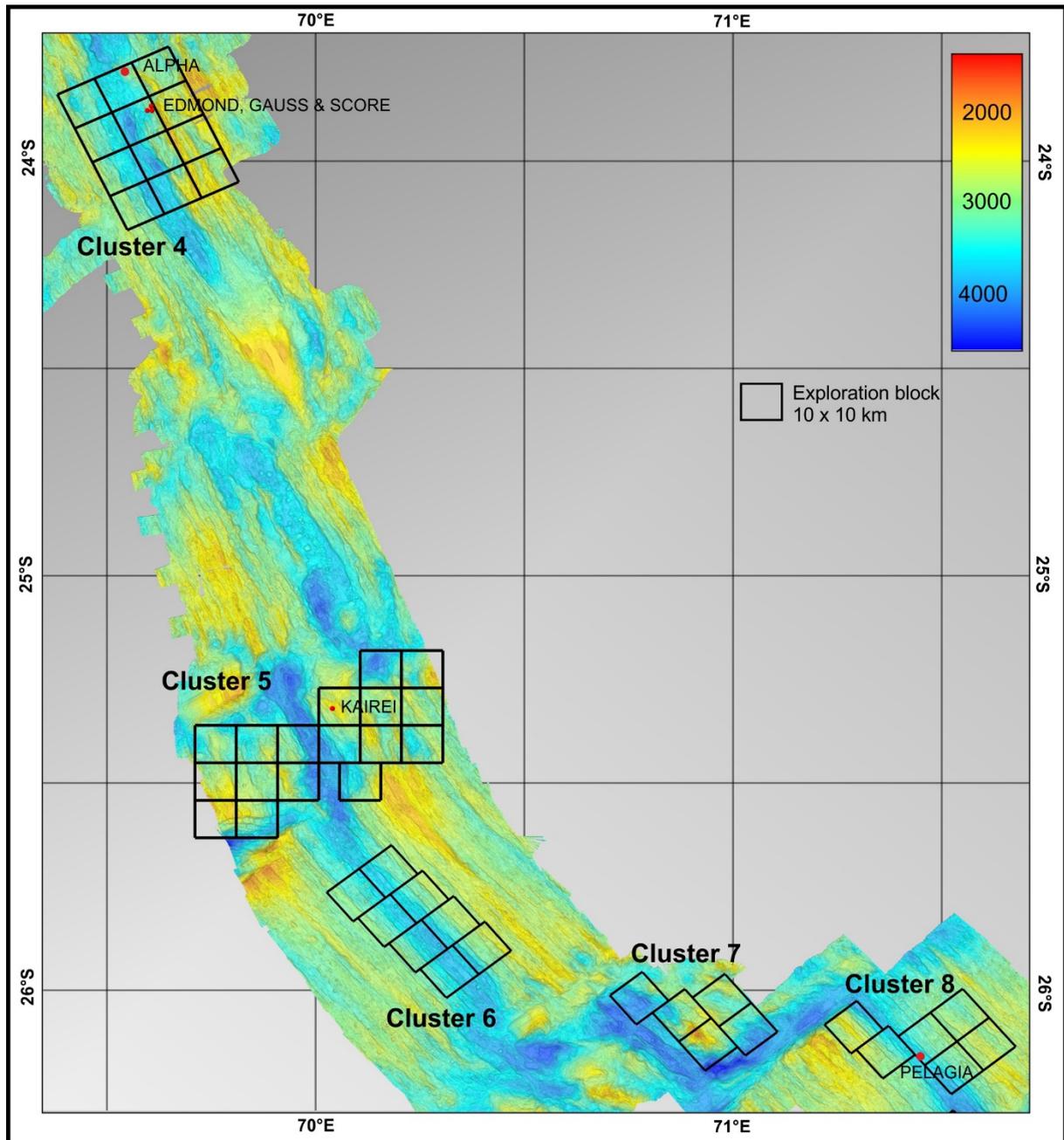


Abb. 5 Bathymetrisch-strukturelle Karte und Lage der zentralen Lizenzblöcke im Indischen Ozean. Die Ausfahrt SO271 (INDEX2019) soll als Schwerpunkt die Lizenzcluster #04-05-06-07-08 am südlichen Zentral- und nördlichen Südostindischen Rücken untersuchen (schwarze Quadrate).

Fig. 5 Bathymetric and structural map and location of the central sulphide blocks in the Indian Ocean. Cruise SO271 (INDEX2019) addresses mainly the license clusters #04-05-06-07-08 along the southern Central and the northern Southeast Indian Ridges (black squares).

Das wissenschaftliche Programm während der Ausfahrt SO259 (INDEX2017) mit TFS SONNE startete in Colombo/Sri Lanka and endete in Cape Town/Südafrika (August-Oktober 2017). Außer der detaillierten Vermessung und Untersuchung der südlichsten Explorationscluster erbrachte die Ausfahrt die Identifikation des NEW SONNE-Feldes.

Die Ausfahrt INDEX2018 (Port Louis-Port Louis) mit der gecharterten M/V PELAGIA war die bisher erfolgreichste Explorationsfahrt im laufenden Programm und identifizierte drei neue Sulfidareale PENUMBRA, HUNA (cluster #12) und KAIMANA (cluster #05). Alle Areale wurden mittels Anomalien in der Wassersäule identifiziert und mit ROV ROPOS beprobt.

Das wissenschaftliche Programm der Ausfahrt SO271 (INDEX2019) setzt die Exploration im Umfeld der Rodrigues Triple Junction entlang des südlichen Endes des Zentralindischen Rückens und des nördlichen Südostindischen Rückens fort. Die Ausfahrt besteht aus zwei Fahrabschnitten. Leg 271/1 (40 Arbeitstage) führt Explorations- und Umweltarbeiten in den Clustern #04-05-06-07-08 durch und konzentriert sich auf die Identifizierung neuer Sulfidvorkommen und assoziierte Umweltreferenzstudien. Während der vorangegangenen Ausfahrten konnte demonstriert werden, dass distale Gebiete der Spreizungsgräben vielversprechende und hoffige Areale für Sulfidvererzungen repräsentieren, wenn sie mit überschneidenden Störungszonen, Blocktektonik und jungen vulkanischen Strukturen assoziiert sind. Das Lizenzcluster #05 liegt an der Rodrigues Triple Junction. Das Zusammentreffen dreier Spreizungsgräben (CIR, SEIR, SWIR) mit geringen Spreizungsraten und der ostwärtige Versatz der Triple Junction selbst könnte zu der Exhumierung tieferer, ozeanischer Lithosphäre, repräsentiert durch Uraniwa Hills, Greenrock Hill und den KAIMANA Rücken, geführt haben. Die Assoziation von Sulfidvererzungen mit ultramafischen Gesteinen verdeutlicht das große Potenzial für charakteristische Gold- und Spurenmetallanreicherungen in regulären Cu-Zn Sulfiderzen. Das Bildungsmilieu ver-

*Cruise INDEX2018 (Port Louis-Port Louis) with the charter vessel M/V PELAGIA was the most successful cruise in the run of the exploration programme so far and identified three more sulphide areas named PENUMBRA, HUNA (cluster #12) and KAIMANA (cluster #05). All sites were identified by plume anomalies in the water column and sampled by ROV ROPOS.*

*The scientific programme during SO271 (INDEX2019) aims at exploration in the area of the Rodrigues Triple Junction along the southernmost Central Indian Ridge and the northern Southeast Indian Ridge. The cruise is planned for two legs. Leg 271/1 (40 working days) addresses the exploration and environmental work in the clusters #04-05-06-07-08 and concentrates on the identification of new sulphide sites and environmental base line studies. As demonstrated during the last two exploration cruises, the distal areas of the spreading graben represent promising areas when associated with intersecting fault zones, elevated blocks, and young volcanic edifices. Cluster #05 is situated at the Rodrigues Triple Junction. The conjunction of three spreading grabens (CIR, SEIR, SWIR) with low spreading rates and the eastward movement of the Junction itself may have provoked the exhumation of deeper oceanic lithosphere, evidenced by the tectonic blocks of the Uraniwa Hills, Greenrock Hill and the KAIMANA ridge. The association of sulphide areas with ultramafic rocks highlights the large potential for a distinct suite of trace metals plus gold which is hosted by the regular Cu-Zn sulphide assemblage. The setting has consequences for water/rock interaction, fluid evolution, heat sources, fluid pathways and sulphide deposition which will be addressed during cruise SO271/1. Central axial magmatic highs, a high density in off-axis volcanoes and mounds, and fault intersections of different orientations all suggest a high potential for recent or former hydrothermal activity at greater distances from the spreading axes in clusters #06, #07 and #08, similar to the situation in cluster #12 with the findings of two large sulphide areas in 2018. The main work focuses on the exploration with respect to*

weist auf Konsequenzen für die Wärmeproduktion, die Wasser/Gesteins-Wechselwirkungen, die Fluidentwicklung, Fluidwegsamkeiten und Sulfidanreicherung, die während der Ausfahrt SO271/1 adressiert werden. Zentrale, axiale, magmatische Erhebungen, eine hohe Dichte offaxialer Vulkane und Mounds und Störungsüberschneidungen unterschiedlicher Orientierung können auf ein hohes Potenzial für rezente oder ehemalige hydrothermale Aktivität in größeren Abständen von den Spreizungsachsen in den Clustern #06, #07 and #08 hinweisen, vergleichbar der Situation in Cluster #12 mit den zwei während INDEX2018 neugefundenen, großen Sulfidarealen. Das Hauptaugenmerk der Ausfahrt liegt auf der weiteren Exploration in den genannten Clustern unter Berücksichtigung der Petrogenese, der Spreizungsgraben- und Rückenentwicklung, der strukturellen Interpretation, der hydrothermalen Aktivität, der Partikelanalyse, der sedimentologischen Befunde, der Paläoozeanographie und der Biodiversität. Fahrabschnitt SO271/2 (14 Arbeitstage) unternimmt detaillierte elektromagnetische Messungen mit dem elektromagnetischen Profiler GOLDEN EYE der BGR. Der Messschlitten wird zum Meeresboden geführt und die Messungen werden entlang equidistanter Profillinien und Stationen an den bekannten Sulfidarealen ALPHA, KAIMANA und KAIREI durchgeführt. Detaillierte Magnetik- und Schweremessungen sowie Wärmestrommessungen ergänzen das Messprogramm.

*petrogenesis, ridge development, structural interpretation, hydrothermal activity, particle analysis and sedimentology, paleoceanography and biodiversity.*

*Leg SO271/2 (14 working days) carries out detailed electromagnetic measurements with BGR's electromagnetic profiler GOLDEN EYE. The tool will be lowered to the seafloor and measurements are carried out along profiles with equidistance of stations at known sulphide sites including the ALPHA, KAIMANA and KAIREI sulphide fields. Detailed magnetic and gravity measurements as well as heat flow probe stations supplement the programme.*

## Arbeitsprogramm

Die Ausfahrt INDEX 2019 hat die Untersuchung der zentralen Explorationscluster entlang des südlichsten Zentralindischen und des nördlichen Südostindischen Rückens zum Ziel. Nach Verlassen von Port Louis und im Transit zum Arbeitsgebiet werden im westlichen und nordwestlichen Umfeld des Explorationsgebietes drei Sedimentkerne in internationalem Gewässer mit dem Ziel der Rekonstruktion der Sedimentationsbedingungen gezogen. Die Arbeiten im Lizenzgebiet konzentrieren sich auf die Identifikation neuer Sulfidvorkommen und die Gewinnung von Umweltbasisdaten. Hierfür sind bis zu zehn Arbeitstage in jedem der vier Cluster (#05-06-07-08) vorgesehen. Die Arbeit beinhaltet hochauflösende, bathymetrische Vermessungen, Sensor- und Videoschlittenprofile in ausgewählten und prospektiven Gebieten der Spreizungsgrabenflanken und axialen Bereichen des Spreizungsgrabens. Gesteins- und Sedimentbeprobungen ergänzen das Programm. Prospektive Gebiete für hydrothermale Austritte und inaktive Sulfidhügel werden mittels ROV kartiert und beprobt; es sind etwa 16 Tauchgänge vorgesehen. Die Stationen und Geräteeinsätze werden wie folgt geplant:

- 16 ROV- Stationen à 12h (Tageslicht);
- 12 Videoschlitten/CTD-Schlitten-Stationen à 12h (Nachtprogramm);
- 6 Schwerelotstationen (Transit, nahe Explorationsgebiet) à 6h;
- Verankerungen (6x Bergung, 6x Verankerung in den Clustern #01-04-05-07-10-12) à 5h;
- Gesteinsbeprobungen (8x Dredge, 8x Vulkanitstoßrohr);
- Tiefgeschleppte, bathymetrische Vermessung (insgesamt 800nm@2kn).

Verankerungen (Sedimentfallen, Strömungsmesser, ADCP) werden geborgen und vor Ort neu verankert. Die Sulfidareale EGS und KAIMANA werden neu beprobt und in größeren Details kartiert. Alle besuchten Cluster werden mittels schiffsbasiertem EM122 bathymetrisch vermessen. Die Wassersäule wird per WCI-Funktion des EM122

## Work Programme

*Cruise INDEX 2019 aims at the study of the central exploration clusters, along the southernmost Central and the northern Southeast Indian Ridge. After leaving Port Louis and in transit to the working area three gravity core stations are planned in international waters in the western and northwestern periphery of the exploration area to reconstruct paleo-sedimentation conditions. The work in the license area concentrates on the identification of new sulphide sites and environmental base line studies. For this purpose an average of ten working days in each of the four cluster is envisaged. The work includes high-resolution bathymetry, sensor sled and video sled surveys on selected and prospective areas along the graben flanks and the axial zone of the spreading grabens. Rock and sediment sampling supplement the programme. Areas suspect of hydrothermal venting and inactive sulphide mounds will be mapped and sampled with the ROV; about 16 dives are scheduled. The planned stations and deployments are scheduled as follows:*

- 16 ROV stations at 12h (during daylight);
- 12 video sled/CTD sled plume stations at 12h (nights);
- 6 x gravity cores (transit, close to claim area) at 6h;
- Moorings (6x recovery, 6x deployment in clusters #01-04-05-07-10-12) at 5h
- Rock sampling (8x dredges, 8x wax corer);
- Deep-towed swath bathymetry, total 800nm@2kn.

*Moorings (sediment traps, current meters, ADCP) will be recovered and redeployed at the same positions. The sulphide areas EGS and KAIMANA will be resampled and mapped in greater detail, respectively. The clusters will be mapped in detail by ship-based EM122. The water column is analysed by the WCI function of EM122. High resolution bathymetry of prospective areas will be obtained by BGR's deep-towed HOMESIDE bathymetry sled. The sampling programme includes off-axis gravity and surface multi cores, on-axis and graben slopes rock dredging and wax*

analysiert. Hochauflösende Bathymetrie mittels tiefgeschlepptem HOMESIDE Bathymetrieschlitten findet in prospektiven Gebieten Anwendung. Das Beprobungsprogramm beinhaltet achsenfern Schwerelote und Multicorer-Stationen, in der Achse und entlang der Granbenflanken, Gesteinsdredgen und Vulkanitstoßrohrstationen. Aktives Venting wird mittels Plumeschlitten SOPHI identifiziert. Der erste Fahrabschnitt wird mit drei zusätzlichen Schwerelotstationen in der südwestlichen Peripherie des Lizenzgebietes beendet. Alle Schwerelotstationen werden durch Multicorer-Stationen, Wärmestrommessungen und CTD - Rosettenstationen begleitet. Die Explorationsarbeiten für hydrothermales Venting und inaktive Sulfidvorkommen werden durch Umweltarbeiten, Sedimentbeprobung, ozeanographische Untersuchungen (Water Column Imaging) und biologische Untersuchungen flankiert.

Der Abschnitt SO271/2 fokussiert sich auf drei Aufgaben: Zunächst werden detaillierte elektromagnetische Vermessungen in drei bekannten Gebieten mit hydrothormaler Aktivität und Massivsulfiden in den Clustern #04 und #05 (ALPHA, KAIREI, KAIMANA) durchgeführt. Hierfür wird der elektromagnetische Profiler GOLDEN EYE zum Meeresboden geführt und Profilmessungen mit 50 m Stationsentfernung durchgeführt. Die Profile haben ihrerseits Abstände von 50m, sodass ein reguläres Profilastraster über ein Gebiet von etwa 1 km<sup>2</sup> für jedes der drei Zielgebiete erzeugt wird. Die hohen Anforderungen an die Präzision erfordern ruhige und stabile Wetterbedingungen. Die zweite Aufgabe besteht in der detaillierten, magnetischen Vermessung des gesamten Lizenzclusters #05 mit einem an der Wasseroberfläche gezogenen, kombinierten, magnetischen Gradiometer und Vektormagnetometer mit Profilastrastern von 5 km oder weniger. Diese Vermessungen können auch in unruhigerer See durchgeführt werden und dienen daher als Komplementärprogramm zu den Golden Eye-Vermessungen. Schließlich besteht die dritte Aufgabe in tiefgeschleppten, bathymetrischen und magnetischen HOMESIDE-Detailvermessungen in Ergänzung existierender Daten in den Clustern #04 und #05.

*corer stations. Active venting will be identified by BGR's SOPHI tow-yo sled. Leg 1 ends with three additional gravity core stations in the southwestern periphery of the license area. All gravity core stations include multicorer stations, heat flow measurements and CTD rosette water sampling. The exploration for hydrothermal venting and inactive sulphide sites will be accompanied by environmental studies including sediment sampling, oceanographic studies (water column imaging) and biological studies.*

*During SO271/2, the focus of the scientific work will be on three main tasks: First, detailed electromagnetic surveys will be carried out over three areas with hydrothermal activity and occurrence of massive sulphides in clusters #04 and #05 of the license area (ALPHA, KAIREI, KAIMANA). For this purpose, the electromagnetic profiler GOLDEN EYE will be lowered to the seafloor and measurements will be carried out along profiles with 50m distance of stations. Profiles will also have a distance of 50m so that a regular grid of stations will cover an area of approx. 1km<sup>2</sup> for each of the three targets. Work with GOLDEN EYE at such high precision at the seafloor requires relatively calm and stable weather conditions. The second task of SO271/2 is a detailed magnetic survey of the entire cluster #05 with a surface towed combined magnetic gradiometer and vector magnetometer with a spacing of profiles of 5 km or less. Since this survey can be carried out also in relatively rough weather, it is a complementary programme to the GOLDEN EYE surveys. Third, any remaining time including time slots of GOLDEN EYE maintenance, will be used for HOMESIDE deep tow bathymetric and magnetic surveys complementing existing coverage in clusters #04 and #05.*

Fahrtabschnitt SO271/1 / Leg SO271/1		Tage/days
Auslaufen von Port Louis (Mauritius) am 01.11.2019 <i>Departure from Port Louis (Mauritius) 01.11.2019</i>		
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>		3
Schwerelotstationen, Multicorer, Wärmestromsonde, CTD-Rosette (3 Stationen) <i>Gravity core stations, multicorer, heat flow, CTD rosette</i>		2
Sinkstofffallenbergung (5x) und Wiederausbringung (5x); dito ADCP (1x) <i>Recovery sediment mooring (5x) and redeployment (5x); ditto ADCP (1x)</i>		2
Cluster #04, HOMESIDE-Vermessungen, SOPHI-Sensorschlitten, ROV-Tauchgang <i>Cluster #04, HOMESIDE, SOPHI tow-yo, ROV dive</i>		3
Cluster #05, Bathymetrie, SOPHI-Sensorschlitten, HOMESIDE-Vermessungen, ROV-Tauchgänge, Gesteinsbeprobung (Dredge, Vulkanitstoßrohr), Schwerelotstationen, Multicorer, Wärmestromsonde, CTD-Rosette <i>Cluster #05, Bathymetry, SOPHI tow-yo, HOMESIDE, ROV dives, rock sampling (dredge, wax corer), gravity core stations, multicorer, heat flow, CTD rosette</i>		10
Cluster #06, Bathymetrie, SOPHI-Sensorschlitten, HOMESIDE-Vermessungen, ROV-Tauchgänge, Gesteinsbeprobung (Dredge, Vulkanitstoßrohr), Schwerelotstationen, Multicorer, Wärmestromsonde, CTD-Rosette <i>Cluster #06, Bathymetry, SOPHI tow-yo, HOMESIDE, ROV dives, rock sampling (dredge, wax corer), gravity core stations, multicorer, heat flow, CTD rosette</i>		8
Cluster #07, Bathymetrie, SOPHI-Sensorschlitten, HOMESIDE-Vermessungen, ROV-Tauchgänge, Gesteinsbeprobung (Dredge, Vulkanitstoßrohr), Schwerelotstationen, Multicorer, Wärmestromsonde, CTD-Rosette <i>Cluster #07, Bathymetry, SOPHI tow-yo, HOMESIDE, ROV dives, rock sampling (dredge, wax corer), gravity core stations, multicorer, heat flow, CTD rosette</i>		6
Cluster #08, Bathymetrie, SOPHI-Sensorschlitten, HOMESIDE-Vermessungen, ROV-Tauchgänge, Gesteinsbeprobung (Dredge, Vulkanitstoßrohr), Schwerelotstationen, Multicorer, Wärmestromsonde, CTD-Rosette <i>Cluster #08, Bathymetry, SOPHI tow-yo, HOMESIDE, ROV dives, rock sampling (dredge, wax corer), gravity core stations, multicorer, heat flow, CTD rosette</i>		8
Transit zum Hafen Port Louis (Mauritius) am 13.12.2019 <i>Transit to port Port Louis (Mauritius) 13.12.2019</i>		4
Einlaufen in Port Louis (Mauritius) am 17.12.2019 <i>Arrival in Port Louis (Mauritius) 17.12.2019</i>		
Total		46

**Fahrtabschnitt SO271/2 / Leg SO271/2**

	Tage/days
Auslaufen von Port Louis (Mauritius) am 20.12.2019 <i>Departure from Port Louis (Mauritius) 20.12.2019</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	3
Cluster #05, Elektromagnetische (Golden Eye) und HOMESIDE Vermessung in KAIREI und KAIMANA Sulfidfeldern, Gradiometer- Vermessung <i>Cluster #05, Electromagnetic (Golden Eye) und HOMESIDE surveys in KAIREI und KAIMANA sulphide areas, gradiometer surveys</i>	9
Cluster #04, Elektromagnetische (Golden Eye) und HOMESIDE Vermessung im ALPHA Sulfidfelder, Gradiometer-Vermessung <i>Cluster #04, Electromagnetic (Golden Eye) und HOMESIDE surveys in ALPHA sulphide area, gradiometer surveys</i>	5
Transit zum Hafen Port Louis (Mauritius) am 06.01.2020 <i>Transit to port Port Louis (Mauritius) 06.01.2020</i>	3
Einlaufen in Port Louis (Mauritius) am 09.01.2020 <i>Arrival in Port Louis (Mauritius) 09.01.2020</i>	
Total	20

---

## **Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions***

---

### **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)**

Stilleweg 2  
30655 Hannover / Germany  
[www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)

### **Canadian Scientific Submersible Facility (CSSF)**

110-9865 West Saanich Rd.  
North Saanich, BC, V8L 5Y8

### **Chinese Academy of Sciences**

Add: 52 Sanlihe Rd.,  
Xicheng District,  
Postcode: 100864  
Beijing, China  
<http://english.cas.cn/>

### **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

Institut für Geowissenschaften  
Ludewig-Meyn-Straße 10  
24118 Kiel / Germany

### **Deutscher Wetterdienst DWD**

Seeschiffahrtsberatung  
Bernhard-Nocht-Straße 76  
20359 Hamburg / Germany  
[www.dwd.de](http://www.dwd.de)

### **Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung (DZMB) / INES**

Senckenberg am Meer  
Südstrand 40  
26382 Wilhelmshaven  
[www.senckenberg.de](http://www.senckenberg.de)

### **GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel**

Wischhofstr. 1-3  
24148 Kiel / Germany  
[www.geomar.de](http://www.geomar.de)

**Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS)**  
188 Guanghai Road  
Huangpu Dist., Guangzhou, P.R. China 510760  
[www.gmgs.com.cn](http://www.gmgs.com.cn)

**HafenCity Universität Hamburg (HCU Hamburg)**  
Geomatik | Ingenieurgeodäsie und geodätische Messtechnik  
Überseeallee 16  
20457 Hamburg / Germany  
[www.hcu-hamburg.de](http://www.hcu-hamburg.de)

**Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)**  
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
21502 Geesthacht / Germany  
[www.hzg.de](http://www.hzg.de)

**Internationale Meeresbodenbehörde (ISA)**  
International Seabed Authority  
14 - 20 Port Royal Street,  
Kingston, Jamaica

**King Fahd University of Petroleum & Minerals**  
College of Petroleum Engineering & Geosciences  
Dhahran 31261, Saudi Arabia  
[www.kfupm.edu.sa](http://www.kfupm.edu.sa)

**Laurentian University**  
Gibson & Associates  
Prof. Harold Gibson  
Harquail School of Earth Sciences,  
Sudbury, Canada

**Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT) GmbH**  
Fahrenheitstraße 6  
28359 Bremen  
[www.leibniz-zmt.de](http://www.leibniz-zmt.de)

**Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)**  
Seestraße 15  
18119 Rostock / Germany  
[www.io-warnemuende.de](http://www.io-warnemuende.de)

**Mass-Ex<sup>3</sup>**

Mass-Ex3 Consulting, LLC  
2100 Lake Washington Blvd N  
1051 Renton, WA 98056

**Shanghai Jiao Tong University (SJTU)**

Institute of Oceanography  
1954 Huashan Road  
Shanghai, 200030, P.R. China  
ioo.sjtu.edu.cn

**Universität Bremen**

Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen  
GEO Gebäude / Raumnr. 4070  
Klagenfurter Straße  
28359 Bremen / Germany  
www.geophysik.uni-bremen.de

**Universität Erlangen**

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg  
GeoZentrum Nordbayern  
Schlossgarten 5  
91054 Erlangen

**Universität Granada**

Avenida del Hospicio,  
S/N, 18010,  
Granada / Spanien  
www.ugr.es/

**Universität Hamburg**

Universität Hamburg, CEN - Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit  
Institut für Geologie, Abteilung Biogeochemie  
Bundesstraße 55  
20146 Hamburg / Germany  
www.geo.uni-hamburg.de

**Universität Hamburg**

Institut für Geologie (IfG)  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg / Germany  
www.geo.uni-hamburg.de/geologie.html

**Universität Hamburg**  
Institut für Meereskunde  
Bundesstraße 53  
D-20146 Hamburg / Germany  
[www.ifm.uni-hamburg.de](http://www.ifm.uni-hamburg.de)

**Universität zu Köln**  
Institut für Geologie und Mineralogie  
Universität zu Köln  
Zülpicher Straße 49a/b  
50674 Köln / Germany  
[www.geologie.uni-koeln.de](http://www.geologie.uni-koeln.de)

**Wein\_Kiel**  
Dr. Wilhelm Weinrebe  
Robert-Koch-Str. 33  
24116 Kiel / Germany

**Zypix - Film & Foto Hannover GmbH**  
Hanomaghof 2,  
30449 Hannover / Germany

---

## Das Forschungsschiff / *Research Vessel SONNE*

---

Das Forschungsschiff SONNE dient der weltweiten, grundlagenbezogenen, deutschen Hochseeforschung und der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf diesem Gebiet.

*The research vessel SONNE is used for German world-wide basic ocean research and for cooperation with other nations in this field.*

FS SONNE ist Eigentum der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das 100% des Baus und der Betriebskosten finanziert. Die norddeutschen Küstenländer trugen mit 10% zu den Kosten des Baus bei.

*The vessel is owned by the Federal Republic of Germany represented by the Ministry of Education and Research (BMBF), which finances 100 % of the construction of the vessel and its running costs. The North German coastal states contributed 10 % to the building costs.*

Dem Projektträger Jülich obliegt die Prüfung der wissenschaftlichen Fahrtanträge. Nach positiver Begutachtung werden diese in die Fahrplanung aufgenommen.

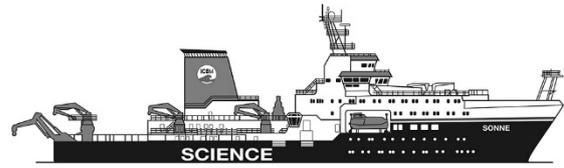
*The Project Management Jülich reviews the scientific proposals for the vessel's use. Projects granted enter the cruise schedule.*

Die Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe der Universität Hamburg ist für die wissenschaftlich-technische und logistische Vorbereitung, Abwicklung und Betreuung des Schiffsbetriebes verantwortlich. Sie arbeitet einerseits mit der Fahrleitung partnerschaftlich zusammen, andererseits ist sie Partner der Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

*The German Research Fleet Coordination Centre at the University of Hamburg is responsible for the scientific, technical and logistical preparation and administration of expeditions as well as for supervising the operation of the vessel. It cooperates with the chief scientists on a partner-like basis and is the direct partner of the managing owners Briese Schifffahrts GmbH & Co KG.*

Die an der Organisation beteiligten Gruppen und Institutionen sind einem Beirat rechen-schaftspflichtig.

*The working groups and institutions involved in the vessel's operation are monitored by a supervisory board.*

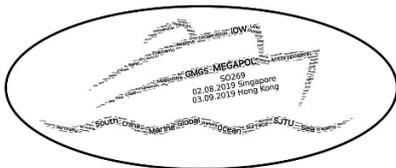


**Forschungsschiff**

# **SONNE**

**Reisen Nr. SO269 - SO271-2 /Cruise No SO269 - SO271 1/2**

**02. 08. 2019 - 10. 01. 2020**



## ***SOCLIS-SONNE***

***South China Sea-natural laboratory under climatic and anthropogenic stress***

***Saya de Malha carbonates, oceanography and biogeochemistry (Western Indian Ocean),  
MASCARA***

## ***INDEX2019 (INDian Ocean EXploration)***

***Marine Resource Assessments in the German License Area***

*Editor:*

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

*Sponsored by:*

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