

**Forschungsschiff**

# **METEOR**

**Reisen Nr. M193 - M194**

**08. 09. 2023 - 07. 11. 2023**



**Paläoumweltentwicklung im Roten Meer unter Monsunschwankungen  
im Pleistozän bis Holozän - REPLENISH**

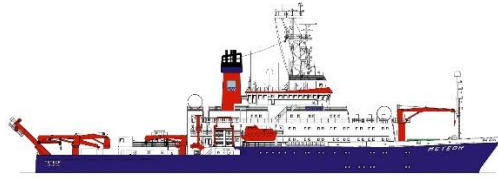
**Die Auswirkung der Spreizungsrate im Roten Meer auf vulkanische Aktivität  
und die Verteilung hydrothermaler Quellen - HEXPLORES**

Herausgeber:

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

Gefördert durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
ISSN 0935-9974



**Forschungsschiff / *Research Vessel***

# METEOR

**Reisen Nr. / *Cruises No.* M193 - M194**

**08. 09. 2023 - 07. 11. 2023**



**Paläoumweltentwicklung im Roten Meer unter Monsunschwankungen  
im Pleistozän bis Holozän - REPLENISH**

*Red Sea Paleoenvironmental Evolution under Monsoon fluctuations  
in the Pleistocene to Holocene - REPLENISH*

**Die Auswirkung der Spreizungsrate im Roten Meer auf vulkanische Aktivität  
und die Verteilung hydrothermaler Quellen - HEXPLORES**

*The Effect of Spreading Rate on the Volcanic Activity and Frequency Distribution  
of Hydrothermal Vent Sites in the Red Sea Rift - HEXPLORES*

Herausgeber:

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

Gefördert durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
ISSN 0935-9974

---

## Anschriften / *Addresses*

---

**Dr. Thomas Lüdmann**

Institut für Geologie  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 (0) 40 42838-6335  
Telefax: +49 (0) 40 42838-6347  
e-mail: [thomas.luedmann@uni-hamburg.de](mailto:thomas.luedmann@uni-hamburg.de)

**Dr. Nico Augustin**

Magmatic and Hydrothermal Systems -  
Seafloor Imaging  
GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean  
Research Kiel  
Wischhofstraße 1-3  
D-24148 Kiel

Telefon: +49 (0) 431 600 2156  
Telefax: +49 (0) 431-600-132-256  
E-Mail: [naugustin@geomar.de](mailto:naugustin@geomar.de)

**Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe**

Institut für Geologie  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

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

**Reederei Briese**

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

Telefon: +49 (0) 491 92520 160  
Telefax: +49 (0) 491 92520 169  
E-Mail: [research@briese.de](mailto:research@briese.de)  
http: [www.briese-research.de](http://www.briese-research.de)

**GPF-Geschäftsstelle**

Begutachtungspanel Forschungsschiffe  
c/o Deutsche Forschungsgemeinschaft  
Kennedyallee 40  
D-53175 Bonn

E-Mail: [gpf@dfg.de](mailto:gpf@dfg.de)

---

## Forschungsschiff / *Research Vessel* METEOR

---

Vessel's general email address [meteor@meteor.briese-research.de](mailto:meteor@meteor.briese-research.de)

Crew's direct email address [n.name@meteor.briese-research.de](mailto:n.name@meteor.briese-research.de)

Scientific general email address [chiefscientist@meteor.briese-research.de](mailto:chiefscientist@meteor.briese-research.de)

Scientific direct email address [n.name@meteor.briese-research.de](mailto:n.name@meteor.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@meteor.briese-research.de](mailto:g.tietjen@meteor.briese-research.de)

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

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

Phone Bridge	VSAT	+49 (0) 421 98504370
	FBB 500 (Backup)	+49 (0) 421 98504 371
	GSM-mobile (in port only)	+49 (0) 172 420 079 2

---

**METEOR Reisen / Cruises M193 - M194**

---

**08. 09. 2023 - 07. 11. 2023**

**Paläoumweltentwicklung im Roten Meer unter Monsunschwankungen  
im Pleistozän bis Holozän - REPLENISH**

*Red Sea Paleoenvironmental Evolution under Monsoon fluctuations  
in the Pleistocene to Holocene - REPLENISH*

**Die Auswirkung der Spreizungsrate im Roten Meer auf vulkanische Aktivität  
und die Verteilung hydrothermaler Quellen - HEXPLORES**

*The Effect of Spreading Rate on the Volcanic Activity and Frequency Distribution of  
Hydrothermal Vent Sites in the Red Sea Rift - HEXPLORES*

**Fahrt / Cruise M193**

08.09.2023 - 06.10.2023

Limassol (Zypern) - Jeddah (Saudi-Arabien)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*: Dr. Thomas Lüdmann

**Fahrt / Cruise M194**

10.10.2023 - 07.11.2023

Jeddah (Saudi-Arabien) - Piräus (Griechenland)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*: Dr. Nico Augustin

**Koordination / Coordination**

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

*German Research Fleet Coordination Centre*

**Kapitän / Master METEOR**

M193: Rainer Hammacher

M194: Rainer Hammacher

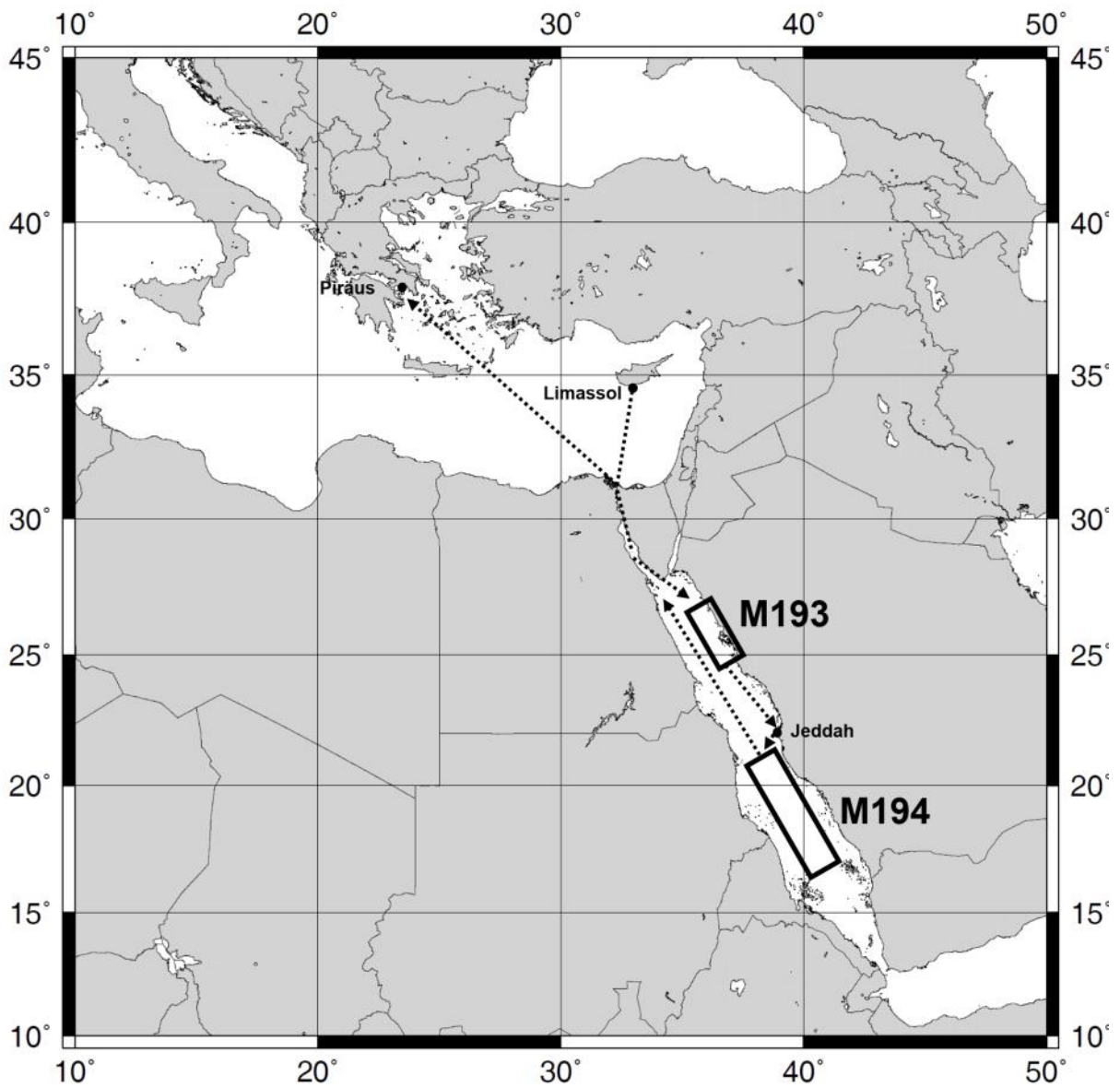


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der METEOR Expeditionen M193 – M194.

*Fig. 1 Planned cruise tracks and working areas of METEOR cruises M193 – M194.*

## Übersicht

### **Fahrt M193**

Obwohl das Rote Meer im Sahara-Arabischen Wüstengürtel liegt, einem Schlüsselgebiet für Paläoklima- und Paläoanthropologieforschung, sind die marinen Klimaarchive nur sehr lokal und unvollständig erforscht. Die Fahrt M193 zielt deshalb darauf ab, folgende Bereiche zu untersuchen: die marine Überlieferung pleistozäner Humiditäts-Ariditäts-Phasen und deren Einfluss auf die Karbonatablagerungssysteme im Flach- und Tiefwasser vor der westlichen Küste Saudi-Arabiens; Verbreitung und Taxonomie der weltweit einmaligen Vorkommen von Tiefwasser-Korallen-Gemeinschaften in warmem Wasser (>20°C). Auf der Basis von neu vorliegenden Meeresbodenkartierungen und Schwerelotkernen erforschen wir die Al-Wajh-Karbonatplattform nebst des angrenzenden Tiefwasserfächers, der während pluvialer Phasen im Pleistozän von einem der größten Entwässerungssysteme der Arabischen Halbinsel gespeist wurde, isolierter salztektonischer Minibecken, sowie der Tiefwasserkorallenhabitate und ertrunkenen Flachwasserriffe in dieser Region. Diese weitgehend unerforschten Tiefwasserkorallenhabitate werden mit Hilfe eines ROVs untersucht und beprobt, einschließlich taxonomischer Bestimmung der Gemeinschaften. Seismische Untersuchungen werden die Entwicklung des pleistozänen Ablagerungssystems unter dem Einfluss von Meeresspiegelschwankungen und Klimaveränderungen erfassen, während Schwerelotkerne eine hochauflösende Untersuchung der jungpleistozänen Humiditäts-Ariditäts-Phasen ermöglichen werden. Die erwarteten Ergebnisse werden das Systemverständnis der pleistozänen Klimaentwicklungen und Meeresspiegelschwankungen sowie deren Auswirkungen auf die Entwicklung der Flach- und Tiefwasser-Karbonat-Systeme in der Region signifikant erweitern und helfen, zukünftige Klimadynamiken zu prognostizieren.

## Synopsis

### **Cruise M193**

*Although the Red Sea is situated within the Saharo-Arabian desert belt, a key-area for palaeoclimatic and palaeoanthropological research, its marine realm, including climate archives, is only locally and sporadically studied. Therefore, the cruise M193 aims to investigate whether and how Pleistocene humidity-aridity phases are recorded in marine sediments; how these periods affected the development of shallow- and deep-water carbonate systems along offshore western Saudi Arabia; and where unique warm-water (>20°C) high-salinity deep-sea corals assemblages with an unclear taxonomy thrive. Based on recent seafloor mapping and gravity coring, we are investigating the Al Wajh carbonate platform area that hosts a deep-sea fan fed by one of the largest onshore drainage systems on the Arabian Peninsula during Pleistocene pluvial phases, several isolated mini basins related to salt tectonics, and dozens of deep-sea coral habitats and drowned shallow-water reefs. While seismic measurements are planned to investigate the evolution of the Late Pliocene to Pleistocene marginal sediment system under sea-level and climatic change, gravity coring of isolated and communicating sediment basins will allow high-resolution studies of Upper Pleistocene humidity-aridity phases. Mapping and sampling of the largely unstudied deep-water coral habitats via ROV, and taxonomy studies will round up our survey. Expected results will extend our comprehensive understanding of Pleistocene climate development including sea-level change, its influence on the development of shallow- and deep-water carbonates, and will help to predict future climate dynamics.*

## Fahrt M194

Ziel der HEXPLORES-Expedition (**H**ydrothermal **EXPL**Oration of the **REd** Sea) ist es, bestehende Modelle zur Verbreitung aktiver (heißer) Hydrothermalquellen an langsam spreizenden ozeanischen Rücken im Roten Meer zu untersuchen und hydrothermale Quellen im Roten Meer zu studieren.

Extrem hohe Salinität des Meerwassers, einzigartige Solebecken am Meeresgrund, submarine Salzgletscher an den Flanken, sowie ein hoher Wärmefluss lassen in der Spreizungsachse des Roten Meeres das Auftreten ungewöhnlicher Hydrothermalvorkommen, sowohl in Größe als auch Zusammensetzung, mit besonderen Faunengemeinschaften erwarten. Obgleich im Solebecken des bekannten Atlantis-II-Tief die größte marine Erzschlamm-lagerstätte weltweit auftritt, wurde die Spreizungsachse des Roten Meeres (außerhalb der Solebecken) nie systematisch auf hydrothermale Aktivität untersucht. Unsere geochemischen, geomorphologischen und ozeanographischen Vorarbeiten geben jedoch deutliche Hinweise auf Gebiete mit rezent aktiven hydrothermalen Quellen entlang der Achse. Diese Gebiete sollen nun systematisch u.a., mit ROV und OFOS untersucht werden, um aktive Hydrothermalfelder zu finden und deren Geologie, Mineralogie und Ökologie detailliert zu untersuchen.

## Cruise M194

*The HEXPLORES cruise (**H**ydrothermal **EXPL**Oration of the **REd** Sea) aims to verify existing models on the distribution of (high-T) hydrothermal vent sites along slow-spreading mid-ocean ridges by studying hydrothermalism in the poorly investigated Red Sea Rift.*

*The occurrence of extreme seawater salinity, seafloor brine pools, thick submarine evaporite glaciers, and comparable high heat flow in the axis let us expect hydrothermal vent sites that are exceptional in size, composition, and chemosynthetic biodiversity. Even though the Red Sea rift hosts the largest submarine sedimentary metal deposit in the brine-filled Atlantis II Deep, the remaining (brine free) axis of the Red Sea has never been studied systematically for the occurrence of hydrothermal activity. Nevertheless, our previous geochemical, geomorphological, and oceanographic studies of the Red Sea Rift revealed strong indications for more hydrothermally active areas in the Red Sea. We intend to investigate these areas e.g., by ROV and OFOS to localize the active vents and study their geological and mineralogical properties and associated ecosystems in detail.*



**Wissenschaftliches Programm**

**Thema 1:** Ähnlich dem Mittelmeer überliefern Sapropelle auch im Roten Meer ITCZ-Verschiebungen und Monsunintensität. Im östlichen Mittelmeer sind von den letzten 250 ka neun Sapropelle (S1 bis S9) dokumentiert. Ihre Entstehung steht in engem Zusammenhang mit erhöhten Abflussmengen der Flüsse, die die Wasserzirkulation beeinflussten und zu einer Stratifizierung des Wasserkörpers führten. Darüber hinaus erhöht eine höhere Abflussrate die marine Produktivität durch einen verstärkten Nährstoffeintrag, was zur Bildung von Sapropelen beigetragen hat. Die erhöhte fluviatile Abflussmenge reflektiert den Wechsel von relativ trockenen zu feuchteren Phasen in Nordafrika, der von der ITCZ gesteuert wird. Ähnlich wie in Nordafrika gab es auch in der Region des Roten Meeres einschließlich der Arabischen Halbinsel zumindest in den letzten 1,1 Millionen Jahren feuchte (pluviale) Perioden. Als Folge der erhöhten Abflussmengen durch reaktivierte großräumige Wadisysteme sollten die Sedimente des Roten Meeres eine ähnliche Anzahl an Sapropelen beherbergen. Darüber hinaus dürften die eingeschränkten ozeanographischen Bedingungen des Roten Meeres mit hohem Salzgehalt und langsamer Konvektion die Bildung von Sapropelen weiter begünstigen. Dennoch wurden bisher nur zwei Sapropelle (S1a und S1b) für das Becken des Roten Meeres dokumentiert, die sich zwischen 10-14 ka bildeten. Die fehlende Dokumentation der pleistozänen Sapropelle im Becken des Roten Meeres führt zu den folgenden Forschungsfragen: Wie wird der pleistozäne monsungesteuerte Abflussmenge in den Sedimenten des arabischen Randes erfasst? Wie wirkt sich die Monsunabflussmenge auf die Strömungssysteme im Roten Meer aus? Haben sich im Roten Meer während der pleistozänen pluvialen Monsunperioden keine Sapropelle gebildet oder sind sie nur nicht gefunden worden? Wurden Sapropelle aufgrund der Salztektunik nur

**Scientific Programme**

**Topic 1:** *ITCZ shifts and monsoon are recorded in the Red Sea in sapropels similar to the Mediterranean Sea. For the last 250 ka, nine sapropels (S1 to S9) are documented for the East Mediterranean Sea. Their formation is closely linked to increased river discharge, which influenced the water circulation and resulted in a stratification of the water body. In addition, increased river discharge is known to have strengthened marine productivity via enhanced nutrient input, contributing to sapropel formation. The increased river-discharge reflects the shift from relatively arid to more humid phases in North Africa that is controlled by the ITCZ. Similar to North Africa, the Red Sea region including the Arabian Peninsula experienced humid (or pluvial) periods over at least the last 1.1 million years. As a consequence of the increased river discharge through reactivated large-scale onshore wadi systems during these periods, Red Sea sediments should host a similar number of sapropels. Moreover, the restricted oceanographic conditions of the Red Sea with high salinity and slow convection are expected to support sapropel formation. Nevertheless, so far only two sapropels (S1a and S1b) have been documented for the Red Sea basin that formed between 10-14 ka. The absence of most of the Pleistocene sapropels in the Red Sea Ocean basin, identified in the East Mediterranean Sea, lead to the following research questions: How is Pleistocene monsoon run-off recorded in Arabian margin sediments? How is monsoon run-off affecting Red Sea current systems? Why are no sapropels formed in the Red Sea during the Pleistocene pluvial monsoon periods? Since salt tectonic formed a complex seafloor morphology of basins and ridges, were sapropels only locally formed or do they have been eroded by strong bottom currents? Do the reef systems reflect the pluvial events in their ecological and architectural expression? Does the dust record as a complementary record for*

lokal gebildet oder wurden sie durch starke Bodenströmungen erodiert? Spiegeln die Riffsysteme die pluvialen Ereignisse in ihrer ökologischen und architektonischen Ausprägung wider? Ergänzt die sedimentäre Überlieferung von Staub das Bild von ariden und humiden Phasen?

**Thema 2:** Einfluss des monsun gesteuerten fluviatilen Abflusses auf die Entwicklung der siliklastisch-karbonatischen Schelfsysteme des Roten Meeres seit dem späten Pliozän. Es ist davon auszugehen, dass die im ariden Klimagürtel gelegenen marinen Sedimentationssysteme sehr empfindlich auf Klimaschwankungen reagieren. Während der pluvialen Monsunperioden transportierte eine erhöhte fluviatiler Abfluss enorme Sedimentvolumina durch Wadisysteme auf den Schelfen, wo sich Deltas und Sedimentfächer bildeten. In Trockenzeiten war dagegen die Abflussmenge stark reduziert, was zu einer geringen Wassertrübung auf den Schelfen führte und vermutlich die Entwicklung von lichtabhängigen Korallenriffen und Karbonatplattformen begünstigte. Ähnliches wurde z. B. im Miozän des westlichen Mittelmeers gezeigt, wo das karbonatbildende Ökosystem im Flachwasser auf die pluviale Aktivität im unteren Torton empfindlich reagierte, indem es sich in eine von Rotalgen dominierte Rampe verwandelte, während trockenere und oligotrophe Bedingungen im oberen Torton zur Bildung eines Korallenriffsystems führten, oder auch im Karn, wo ein Pluvialereignis zum Verschwinden einer ausgeprägten Korallenriffmorphologie führte. Im Roten Meer bilden Salztektunik (Diapirismus und Subsidenz) und Verwerfungen eine komplexe Morphologie, die zu potenziellen Sedimenttransportwegen von der Küste in die Tiefsee führte. Diese Sedimenttransportwege könnten hier die Entwicklung und Kontinuität von Karbonatplattformen auch während pluvialer Monsunperioden ermöglichen. Sieben ertrunkene Karbonatplattformen, die auf unveröffentlichten bathymetrischen Daten zu erkennen sind, wurden als Ergebnis von Salzausfluss und -bewegung interpretiert. Vor diesem Hintergrund stellen

*monsoon runoff complete the picture of arid versus humid phases?*

**Topic 2:** *Influence of monsoonal run-off on Red Sea siliciclastic-carbonate shelf system development since the Late Pliocene Marginal sedimentary systems situated in the arid climate belt are expected to be very sensitive to climate variation. During pluvial monsoon periods, increased river discharge transported an enormous amount of sediments through onshore wadi systems on the shelves, resulting in the formation of deltas and fan deltas. During arid times, river discharge was strongly reduced to a minimum leading to low water turbidity on the shelves, which should favour the development of light-dependent coral reefs and carbonate platforms. It was shown, e.g., in the Miocene of the Western Mediterranean that the shallow-water carbonate depositional system sensitively reacted to the pluvial activity in the lower Tortonian by turning into a red algal dominated ramp while dryer and oligotrophic conditions in the upper Tortonian led to the formation of a coral reef system. Similarly, the Carnian pluvial event is manifest in the temporal disappearance of a pronounced coral reef morphology. Salt tectonics (diapirism/subsidence) and fault features formed a complex Red Sea margin morphology resulting in potential sediment export routes from the coast towards the deep sea. These sediment transport bypaths, under the influence of current systems, would allow carbonate platform development and continuity during pluvial monsoon periods. Several drowned carbonate platforms evident on unpublished bathymetry data have been interpreted as a result of salt outflow and movement. This background leads to the following research questions: How does orbital controlled monsoon run-off (pluvial periods) impact the development of marginal carbonate systems? How are carbonate depositional systems affected by increased nutrient input*

sich die folgenden Forschungsfragen: Wie wirken sich orbital gesteuerten Monsunabflüßmengen (pluviale Perioden) auf die Entwicklung von Randkarbonatsystemen aus? Wie werden Karbonatablagerungssysteme durch erhöhten Nährstoffeintrag während pluvialer Perioden beeinflusst? Welche Rolle spielt die potenzielle Umleitung von Sedimenten an den Plattformen vorbei, und ist sie strukturell oder ozeanographisch bedingt? Wie wirkt sich die Salztektonik auf die Entwicklung von Karbonatplattformen aus? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die üblichen sequenzstratigraphischen Ansätze?

**Thema 3:** Flachwasser- und Tiefwasserriffhabitats im Roten Meer. Die eingeschränkte ozeanographischen Bedingungen und die Empfindlichkeit gegenüber Klima- und Meeresspiegelschwankungen im Roten Meer dürften die Lebensgemeinschaften, einschließlich der Flach- und Tiefwasserkorallenhabitats, stark beeinflusst haben. Standortverlagerungen als Reaktion auf Überflutung und Austrocknung sowie Temperatur-, Salz- und Nährstoffstress und die geografische Isolation haben zu hochgradig endemischen und stresstoleranten taxonomischen Gemeinschaften geführt. Es wird erwartet, dass sich die Intensität des Monsuns im Laufe der Zeit auch in der Nährstoffbelastung widerspiegelt, die durch den Abfluss ins Meer getragen wird und sich auf die Lebensräume der Tiefwasserkorallen auswirkt. Während die taxonomische Vielfalt und die Resilienzmechanismen von Flachwasserriffen recht gut bekannt sind, steckt die Erforschung von Tiefwasserriffen noch in den Kinderschuhen. In beiden Fällen ist das Wissen über die zeitliche Entwicklung im Zusammenhang mit Tektonik, Klima und Meeresspiegel unvollständig. Frühere punktuelle Entdeckungen deuten darauf hin, dass Tiefwasserkorallen auf verschiedenen geomorphologischen Strukturen im Untersuchungsgebiet vorkommen, darunter Höhenrücken und Canyons. Die Forschungs-

*during pluvial periods? What is the role of potential sediment bypassing? Is sediment bypassing structural and/or oceanographic controlled? How is salt tectonic affecting the development of marginal sedimentary systems, especially carbonate platforms? What are the consequences for standard sequence stratigraphic approaches? How are carbonate depositional systems affected by increased nutrient input during pluvial periods? What is the role of potential sediment bypassing? Is sediment bypassing structural and/or oceanographic controlled? How is salt tectonic affecting the development of marginal sedimentary systems, especially carbonate platforms? What are the consequences for standard sequence stratigraphic approaches?*

**Topic 3:** *Red Sea shallow-water and deep-water reef habitats. The restricted oceanography and the sensitivity to climate and sea-level fluctuations in the Red Sea are expected to strongly have influenced the biological communities, including shallow- and deep-water coral habitats. Shifting locations as reaction to flooding and desiccation as well as temperature, salinity and fertilization stress plus the geographical isolation have resulted in highly endemic and stress-tolerant taxonomic communities. The monsoon intensity through time is also expected to be reflected in the nutrient load carried by run-off into the marine realm, impacting on the deep-water coral habitats. While for shallow-water reefs the taxonomic diversity and resilience mechanisms are rather well known, investigation of the deep-water reefs is still in its infancy. For both, knowledge of the evolution through time, in relation to tectonics, climate and sea-level, is incomplete. Previous punctual discoveries imply that deep-water corals exist on different geomorphological features in the study area, including ridges and canyons. Research questions under this topic address the benthic biology and ecology. With focus on deep-water coral habitats, we aim at discovering, mapping and characterising the deep-water coral-dominated habitats in the study area to systematically learn about the spatial extent and distribution of these habitats. In*

fragen zu diesem Thema betreffen die benthische Biologie und Ökologie. Mit Schwerpunkt auf den Lebensräumen der Tiefwasserkorallen wollen wir die von Tiefwasserkorallen dominierten Lebensräume im Untersuchungsgebiet erkunden, kartieren und charakterisieren, um die räumliche Ausdehnung und Verteilung dieser Lebensräume zu systematisch zu erfassen, einschließlich Habitatkarten für das Management dieser Lebensräume. Mit Hilfe eines räumlich basierten quantitativen Ansatzes wird die erste Basiserhebung der Tiefwasserkorallenhabitate und -gemeinschaften im Roten Meer erstellt. Die biologische Vielfalt der Tiefwasserkorallenhabitate und der Begleitfauna im Untersuchungsgebiet wird mit Hilfe eines integrierten systemischen Ansatzes erfasst, einschließlich einer molekularen Taxonomie, die eine Zuordnung der Taxa zu den Vorkommen im Indischen Ozean ermöglicht. Die artspezifischen Mikrobiome der benthischen Tiefseeinvertebraten im Roten Meer wird mit Hilfe eines genetischen Ansatzes mit den Umweltbedingungen in Verbindung gebracht. Auf dieser Fahrt werden wir zum ersten Mal die Morphologie und die Sedimentation der Tiefwasser-korallenhabitate im Roten Meer beschreiben und sie mit dem Klimawandel und der zeitlichen Änderung der Monsunintensität (Temperatur, Salzgehalt, Staupulse) in Beziehung setzen. Mit dem Schwerpunkt auf Flachwasserkorallenriffen sollen unter anderem folgende offene Fragen geklärt werden: die Zusammensetzung der Fauna und deren Verschiebung im Laufe der Zeit und durch Wiederbesiedlungsepisoden, die Artenabfolge einzelner Wiederbesiedlungsepisoden und die Endemie von Flachwasserrifforganismen sowie die Ausprägung der Umweltbedingungen und der Stressfaktoren Temperatur, Salzgehalt, Nährstoffe (Staub) und Meeresspiegelschwankungen auf die Architektur der Karbonatsedimentkörper.

*addition, the results will provide information such as habitat maps for managing the conservation of these habitats. We aim at obtaining the first ever baseline survey of the deep-water coral habitats and reef assemblages in the Red Sea using a spatially-based quantitative approach. We will assess the biological diversity of the deepwater coral habitats and associated fauna in the study area through an integrated systemic approach, including molecular taxonomy that will allow for relating the taxa to the occurrences in the Indian Ocean. We will characterise the species-specific microbiomes associated to the deep-water benthic invertebrates in the Red Sea and relate them to the environmental conditions through a genetic approach. This cruise will be the first to describe the morphology and sediment accumulation of the deep-water coral habitats in the Red Sea, and to relate them to climate change and monsoon intensity (temperature, salinity, dust pulses) through time. With focus on shallow-water coral reefs, open questions to be addressed include (1) the faunal composition and faunal shifts through time and through recolonisation episodes, (2) the species succession of individual recolonization episodes, and (3) the endemism of shallow reef organisms as well as (4) the architectural expression of environmental conditions in the carbonate sedimentary bodies, i.e., the reflection of stressors such as temperature, salinity, nutrients (dust), and sea-level fluctuations.*

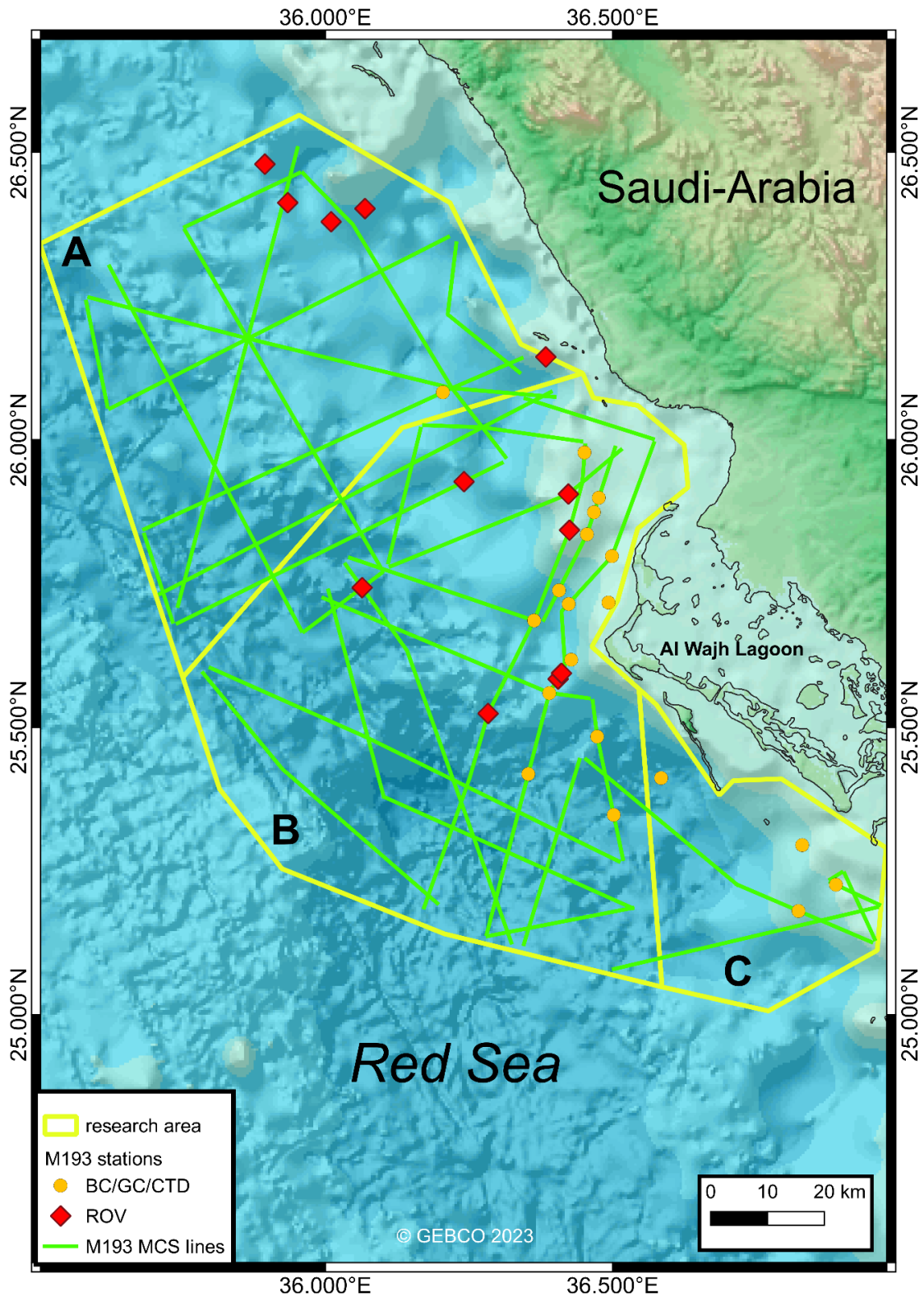


Abb. 2 Das Arbeitsgebiet der Forschungsfahrt M193.

Fig. 2 The working area of research cruise M193.

## Arbeitsprogramm

### Thema 1:

Um zu untersuchen, ob und wie pleistozäne Humid- und Aridphasen in den Sedimenten des Roten Meeres aufgezeichnet werden und was die Bildung von Sapropeln im Meeresbecken des Roten Meeres auslöst, werden mehrere 12 m lange Schwerelotkerne aus einzelnen Minibecken und verschiedenen Wassertiefen und nördlich der Al Wajh-Plattform entnommen, nachdem mittels Parasound/Multibeam-Vermessungen optimale Positionen bestimmt wurden. Aufgrund der Nähe zum Al Wajh-Fächer (durch das größte Entwässerungssysteme auf der Arabischen Halbinsel gespeist) erwarten wir, dass die Minibecken im Arbeitsgebiet B eine detaillierte sedimentäre Überlieferung der Flussabfluss-Geschichte enthalten, während die isolierten Minibecken im Arbeitsgebiet A in Wassertiefen von -500 m bis 1000 m fast reine ozeanographische und Staubdaten enthalten sollten (Abb. 2). Die Sedimentkerne aus den einzelnen Minibecken ermöglichen auch eine detaillierte Untersuchung der Sapropelablagerungen. Wir erwarten, dass die Ergebnisse dazu beitragen, die künftige Klimaentwicklung im Hinblick auf zunehmende Niederschläge besser vorherzusagen.

### Thema 2:

Um die Beziehung zwischen monsungetriebener fluvialer Abflussmenge, Sedimentumleitung, Salztektunik und der Entwicklung von Siliziklastik-Karbonat-Systemen an den Rändern des Roten Meeres zu untersuchen, wird eine hochauflösende seismische Untersuchung des flachen Meeres durchgeführt. Die seismische Erfassung soll sich auf die (A) Salztektunik und Sedimentationsprozesse im NW der Al Wajh Plattform, (B) den Al Wajh Fächer-Riff-Komplex sowie ein tief eingeschnittenes Canyon-System und (C) ertrunkene Karbonatplattformen einschließlich Salzströmen und Minibecken konzentrieren. Hydroakustische und MCS-Daten sowie Schwerelotkerne werden die Grundlage für die Entwicklung neuer sedimentologischer Modelle für Siliziklastik-Karbonat-Systeme

## Work Programme

### Topic 1:

*In order to investigate if and how Pleistocene humidity-aridity phases are recorded in Red Sea sediments, and what triggers the formation of sapropels in the Red Sea Ocean basin, several 12 m gravity cores will be collected from individual mini-basins and different water depths around and north of the Al Wajh platform, after defining the position via Parasound/Multibeam surveys. Due to the proximity to the Al Wajh fan (fed by the largest drainage systems on the Arabian Peninsula), mini-basin in the working area B is supposed to host detailed river-discharge records, while the isolated mini-basins in working area C, which are situated in different water depths (-500 m to 1000 m), are supposed to host almost pure oceanographic and dust records (Fig. 2). Cores from individual mini-basins allow also a detailed study on the timing of sapropels. Moreover, the outcome will help to predict future climate development with regard to increasing precipitation.*

### Topic 2:

*In order to study the relationship between monsoon run-off, sediment bypassing, salt tectonic and siliciclastic-carbonate system development on Red Sea margins, a shallow marine high-resolution seismic survey will be carried out. The seismic acquisition is planned to focus on (A) salt tectonics and sedimentation processes northwest of the Al Wajh platform, (B) the Al Wajh fan-reef complex and a deeply incised canyon system and, (C) drowned carbonate platforms including salt flows and mini basins. Hydroacoustic and MCS data, as well as gravity cores will be the basis for developing new sedimentological models for siliciclastic-carbonate systems in arid climates under the influence of orbital controlled monsoon run-off, and to amend sequence stratigraphic models of mixed silicic-*

in ariden Klimazonen unter dem Einfluss orbital gesteuerter Monsunabflüsse bilden und die bestehenden sequenzstratigraphischen Modelle für gemischte Siliziklastik-Karbonat-Systeme ergänzen.

**Thema 3:** Zur Untersuchung der Flachwasser- und Tiefseekorallenhabitats werden MBES/PS Untersuchungen durchgeführt, um die Vorkommen und ihre Morphologie in den Arbeitsgebieten A bis C zu kartieren.

Ausgewählte exemplarische Tiefseekorallenhabitats werden systematisch mit dem ROV unter Verwendung von Fotos und hochauflösenden Videos untersucht, ergänzt durch ROV-Probenahmen von biologischem Material, Karbonatskeletten und Sedimenten. Zusätzliche Sedimentarchive werden durch Schwerelotkerne und Kastengreiferproben an Flach- und Tiefwasserriffen gesammelt, um die Zusammensetzung der Riffe und ihre Entwicklung im Laufe der Zeit im Zusammenhang mit anderen klimatischen Einflüssen (z.B. Staubeintrag) zu untersuchen.

Darüber hinaus werden einzelne CTD- und 24-Stunden-CTD Vertikalprofile mit ADCP-Messungen durchgeführt, um die täglichen Veränderungen der Wassermassen und Strömungen (z.B. Gezeiten) und deren möglichen Einfluss auf die Tiefwasserlebensräume entlang der Tiefenprofile zu untersuchen.

*lastic-carbonate systems.*

**Topic 3:** *In order to investigate the shallow-water to deep-sea coral habitats, MBES/PS surveys will be performed to map the occurrences and their morphology in working areas A to C.*

*Selected exemplary deep-water coral habitats will be systematically surveyed with the ROV using photography and high-resolution video complemented by targeted ROV sampling of biological materials, carbonate skeletons, and sediments. Additional sedimentary archives will be collected by gravity and box corer around shallow- and deep-water reefs to investigate reef assemblages and their development through time, in the context with other climate proxies (e.g. dust input).*

*In addition, single CTD and 24 h CTD casts including ADCP measurements will be performed to study daily water mass and current changes (e.g. tides), and their potential influence on deep water habitats along depth profiles.*

	Tage/days
Auslaufen von Limassol (Zypern) am 08.09.2023 <i>Departure from Limassol (Cyprus) 08.09.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	4
Arbeiten Seismik und Hydroakustik <i>Seismic and hydroacoustic surveys</i>	10
Stationen Sedimentologie, CTD und ROV <i>Sedimentology, CTD and ROV</i>	14
Transit nach port of Jeddah <i>Transit to port of Jeddah</i>	1
	Total 29
Einlaufen in Jeddah (Saudi-Arabien) am 06.10.2023 <i>Arrival in Jeddah (Saudi-Arabia) 06.10.2023</i>	



---

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

---

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

Institut für Geologie CEN  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
20146 Hamburg  
Germany

Institut für Geophysik CEN  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
20146 Hamburg  
Germany

Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT) GmbH  
Fahrenheitstraße 6  
28357 Bremen  
Germany

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

King Abdullah University of Science and Technology  
Thuwal,  
Makkah  
23955-6900  
Kingdom of Saudi Arabia

**Wissenschaftliches Programm**

Ziel der Expedition M194 ist das Aufspüren und die Untersuchung von heißen Quellen (Schwarze Raucher) und deren Fauna in der relativ unerforschten Spreizungsachse des Roten Meeres. Dafür nutzen wir das ROV, Kiel, 6000, vom GEOMAR, unser Hauptinstrument, das unsere Augen und Hände am Meeresboden sein wird. Mit dem Tauchroboter werden wir die vielversprechendsten Gebiete absuchen, um hydrothermale Aktivität zu finden. Diese Gebiete wurden zuvor durch Untersuchungen der Wassersäule, geochemische Daten und hochauflösende Kartierungen während früherer Expeditionen identifiziert. Wenn wir diese gefunden haben, planen wir, die Hydrothermalfelder mit dem ROV zu kartieren und zu beproben, um die Geologie, Mineralogie und Geochemie zu untersuchen sowie das zugehörige Ökosystem so detailliert wie möglich zu charakterisieren.

Mit dem Schwerelot nehmen wir bis zu 3 m lange Sedimentkerne, um die physikalisch-chemischen Bedingungen und die Biologie im flachen Untergrund zu erforschen.

Ein Videosystem zur Meeresbodenbeobachtung (OFOS), MAPRs (Trübe Sensoren) und CTD werden eingesetzt, um zusätzliche Daten (auch aus der Wassersäule) zu sammeln, wenn das ROV nicht taucht.

Mit dem Fächerecholot kartieren wir, tektonische, vulkanische und sedimentäre Strukturen des Meeresbodens in bisher nicht hochauflösend kartierten Gebieten, um das Verständnis der Spreizungsachse im Roten Meer zu erweitern (Transitzeiten und Nachtprogramm).

Die Gebiete, die für uns von Interesse sind, sind in Abbildung 3 markiert. Orangefarbene Polygone sind Gebiete, die nur kartiert werden, und violette Polygone kennzeichnen Gebiete, in denen wir Anzeichen für hydrothermale Aktivität gefunden haben und, die daher die vielversprechendsten Gebiete sind.

***Scientific Programme***

*The main aim of expedition M194 will be to search and study high-temperature hydrothermal vents (so-called black smokers) and associated vent fauna in the relatively unexplored Red Sea Rift. For that, we utilize a range of equipment. The ROV (remotely operated vehicle) Kiel 6000 from GEOMAR will be our main instrument and our eyes and hands at the seafloor. With the ROV, we will survey the seafloor in the most promising areas (previously identified by, e.g., water column surveys, geochemical data, and (high-resolution) ship- and AUV-mapping during earlier expeditions) to find the hydrothermal activity. Once localized, we plan to map, sample, and study the vent fields with the ROV to examine the geology, mineralogy, and fluid geochemistry and to characterize the habitat and associated ecosystem as detailed as possible.*

*Gravity coring is planned to get us up to 3m deep sediment cores in and around the hydrothermal vents to study the physicochemical conditions and biology in the shallow subsurface.*

*In addition, we will use an ocean floor observation video-system (OFOS) together with MAPR (miniature plume recorders) and CTD sensor to scan the water column and search for the vents, when the ROV is not diving.*

*We also will use the ship's hull mounted multibeam system to map tectonic, volcanic, and sedimentary structures of the seafloor in areas that have not been mapped in high resolution to complete our bathymetric maps and understanding of the Red Sea rift. This will happen during transit times and as a part of the night program.*

*Our areas of interest are marked in Figure 3. Orange polygons are "mapping only" areas, and purple polygons indicate areas where we have signs of hydrothermal activity and, therefore, are the most promising areas to find the active vents.*

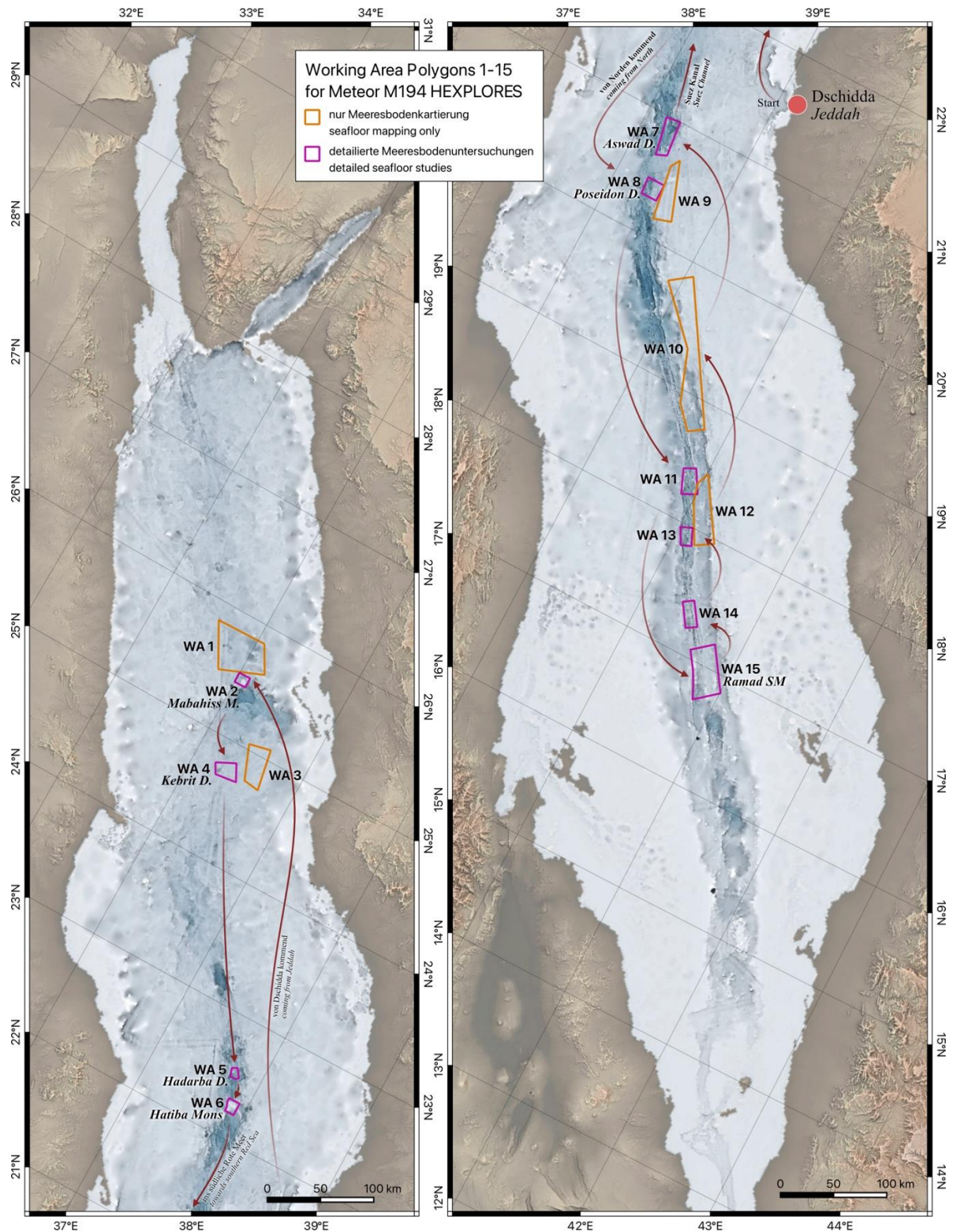


Abb. 3. Übersichtskarte des Roten Meeres (links Nord, rechts Süd) mit den geplanten Einsatzgebieten der Fahrt M194. Die Arbeit wird im Norden (WA 1 und 2) beginnen und abhängig von den Ergebnissen, zwischen den Arbeitsgebieten vorangehen (nicht zwingend in numerischer Reihenfolge).

Fig. 3. Overview map of the Red Sea (left North, right South) with the planned working areas of cruise M194. We will begin in the northern Red Sea (WA 1 and 2) and move between the working areas regarding our findings. Thus, the numbering is rather for identification.

## Arbeitsprogramm

Die Expedition M194 beginnt in Jeddah am Roten Meer. Die Transitzeit zu den Arbeitsgebieten WA1 und WA2 beim Mabahiss Tiefs beträgt etwa 2 Tage. In WA1 werden wir den Meeresboden um die Spreizungsachse kartieren. In WA2 sind ROV-Tauchgänge geplant, um die Quelle von bekannten Trübeanomalien am Mabahiss Mons, dem größten Vulkan im nördlichen Roten Meer, zu finden. Nach der Suche in WA2 fahren wir nach WA3 und WA4, um dort mit ROV, OFOS und Schwerlot Untersuchungen an (wahrscheinlich inaktive) hydrothermalen Strukturen in einem Gebiet vorzunehmen, von dem man annahm, dass es nicht vulkanischen Ursprungs ist, wo unsere aktuellen Daten aber vulkanisches Terrain zeigen. Danach begeben wir uns nach WA5 und WA6, um die Quelle bekannter Trübe- und Eh-Anomalien am Hatiba Mons zu finden, dem größten submarinen Vulkan im Roten Meer. Hier sollen ROV- und OFOS-Beobachtungen, sowie Schwerlotbeprobungen durchgeführt werden. Dann geht es entlang der Spreizungsachse weiter südwärts zu den Arbeitsgebieten WA7-WA15, wo wir ebenfalls nach aktiven hydrothermalen Quellen suchen. Da wir aus diesen Gebieten weniger Informationen haben, sind mehr Einsätze von CTD und MAPR (Miniature Autonomous Plume Recorder) geplant, um Signale hydrothermalen Aktivität in der Wassersäule aufzuspüren, um das Suchgebiet für das ROV einzugrenzen.

Das genaue Programm wird stark von den tatsächlichen Funden abhängen. Wenn ein Hydrothermalfeld gefunden wird, muss die für eine detaillierte Untersuchung des hydrothermalen Systems erforderliche Zeit investiert werden. Daher werden wir mehr Zeit in einigen Gebieten verbringen als in anderen, was täglich besprochen wird. Wir werden rechtzeitig für die geplante Durchfahrt durch den Suezkanal am Ende der Expedition wieder im nördlichen Roten Meer sein.

## Work Programme

*The expedition M194 starts in Jeddah, at the central Red Sea. We will need about 2 days of transit to working areas WA1 and WA2, north of the Mabahiss Deep. We will do seafloor mapping in WA1 to identify the rift axis and perform ROV dives in WA2 to find the source of previously found turbidity anomalies at the Mabahiss Mons volcano, the largest volcanic edifice in the northern Red Sea. After we finish the search in WA2, we will proceed southwards to WA3 and WA4 for ROV and OFOS mapping, and gravity coring of inferred (but likely inactive) hydrothermal mounds in an area that was previously thought to be not volcanic, but our latest data revealed a volcanic terrain. After that, we move to WA5 and WA6 to find the source of known turbidity and Eh anomalies at Hatiba Mons, the largest submarine volcano in the Red Sea Rift. Here we will do ROV dives, OFOS observations, and gravity coring. After we finish the northern and central Red Sea works, we proceed southwards along the Red Sea rift to the lesser pre-surveyed working areas WA7-WA15, where we also look for active hydrothermal vents. As we have less information from these working areas, we plan more CTD and MAPR (miniature autonomous plume recorder) casts to detect signals of hydrothermal activity in the water column and thus limit the search area for the ROV.*

*However, the work programme will strongly depend on the actual findings. If we localize a black smoker vent field, investing the time needed for an accurate and detailed study of the hydrothermal system is crucial. Thus, we may spend more time in some areas than others, which will be discussed among the scientists on board daily. We will be back in the northern Red Sea in time for the scheduled Suez Channel passage at the end of the expedition.*

	Tage/days
Auslaufen von Jeddah (Saudi-Arabien) am 10.10.2023 <i>Departure from Jeddah (Saudi Arabia) 10.10.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet WA 1 u. 2 / <i>Transit to working area WA 1 and 2</i>	2
Arbeitstage insgesamt (inklusive Transitzeiten zwischen Arbeitsgebieten) <i>Total amount of working days</i>	20
Transit zum Hafen Piräus, inklusive Suez Kanal <i>Transit to port Piraeus, including Suez Channel</i>	6
	Total 28
Einlaufen in Piräus (Griechenland) am 07.11.2023 <i>Arrival in Piraeus (Greece) 07.11.2023</i>	

---

## Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

---

### **GEOMAR**

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel  
Wischhofstraße 1-3  
24148 Kiel  
Germany

### **KAUST**

King Abdullah University of Science and Technology  
Thuwal 23955-6900  
Kingdom of Saudi Arabia

### **BAS**

British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge, CB3 0ET  
United Kingdom

### **MUST**

Macau University of Science and Technology  
Avenida Wai Long  
Taipa, Macau  
China

### **UOA**

National and Kapodistrian University of Athens  
Panepistimiou 30  
Athina 106 79  
Griechenland

### **uOttawa**

University of Ottawa  
550 Cumberland Street  
Ottawa ON K1N 6N5  
Canada

### **NCW**

National Center for Wildlife  
Riyadh 11575  
Kingdom of Saudi Arabia

### **DWD**

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

---

## Das Forschungsschiff / *Research Vessel METEOR*

---

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

FS „METEOR“ ist Eigentum der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), welches auch den Bau des Schiffes finanziert hat.

Das Schiff wird als 'Hilfseinrichtung der Forschung' von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) betrieben. Dabei wird sie von einem Beirat unterstützt. Der Schiffsbetrieb wird zu 70% von der DFG und zu 30% vom BMBF finanziert.

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

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

Einerseits arbeitet die LDF partnerschaftlich mit der Fahrtleitung zusammen, andererseits ist sie Partner und Auftraggeber der Reederei Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

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

*R/V “METEOR” is owned by the Federal Republic of Germany, represented by the Ministry of Education and Research (BMBF), which also financed the construction of the vessel.*

*The vessel is operated as an 'Auxiliary Research Facility' by the German Research Foundation (DFG). The DFG is assisted by an Advisory Board. The operation of the vessel is financed to 70% by the DFG and to 30% by the BMBF.*

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

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

*On a partner-like basis the LDF cooperates with the chief scientists and the managing owner Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.*



*Research Vessel*

# METEOR

*Cruises No. M193 - M194*

**08. 09. 2023 - 07. 11. 2023**



*Red Sea Paleoenvironmental Evolution under Monsoon fluctuations  
in the Pleistocene to Holocene- REPLENISH*

*The Effect of Spreading Rate on the Volcanic Activity and Frequency Distribution  
of Hydrothermal Vent Sites in the Red Sea Rift - HEXPLORES*

Herausgeber:

Institut für Geologie Universität Hamburg

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

<http://www.ldf.uni-hamburg.de>

Gefördert durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

ISSN 0935-9974