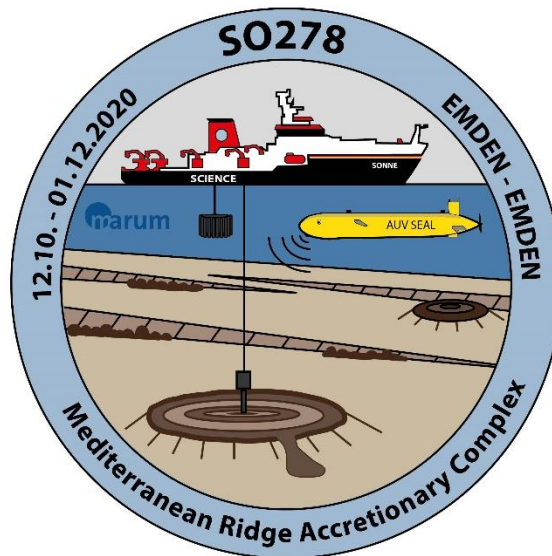


**Forschungsschiff**

**SONNE**

**Reise Nr. SO278 (GPF 19-2\_007H)**

**12. 10. 2020 - 01. 12. 2020**

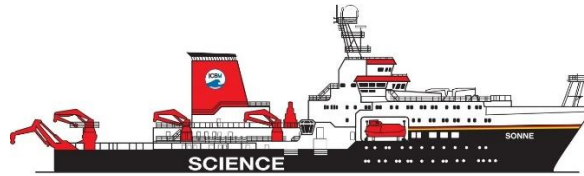


**Fluid/Gesteinswechselwirkung im Widerlagerungsbereich der afrikanisch-europäischen Konvergenzzone im Mittelmeer südlich von Kreta**

Herausgeber

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

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

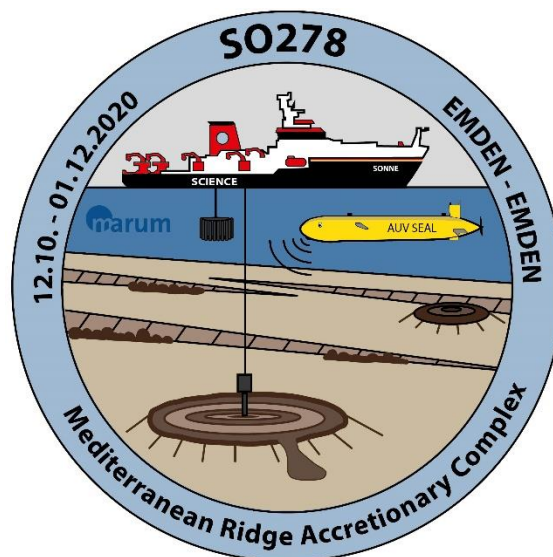


Forschungsschiff / *Research Vessel*

# SONNE

Reise Nr. / *Cruise No.* SO278 (GPF 19-2\_007H)

12. 10. 2020 - 01. 12. 2020



**Fluid/Gesteinswechselwirkung im Widerlagerungsbereich der afrikanisch-europäischen Konvergenzzone im Mittelmeer südlich von Kreta**  
***Fluid-rock interaction at the backstop to the Mediterranean Ridge Accretionary Complex South of Crete, FRINGE***

Herausgeber / *Editor:*

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

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

---

## **Anschriften / Addresses**

---

**Prof. Dr. Gerhard Bohrmann**

Universität Bremen  
FB05-Geowissenschaften  
Klagenfurter Str. 4  
D-28359 Bremen

Telefon: +49 421 218 65050  
Telefax: +49 421 218 65099  
E-Mail: [gbohrmann@marum.de](mailto:gbohrmann@marum.de)  
http: <https://www.marum.de/Prof.-Dr.-gerhard-bohrmann.html>

**Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe**

Universität Hamburg  
Institut für Geologie  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 42838 3640  
Telefax: +49 40 42838 4644  
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 Schifffahrts GmbH & Co. KG  
Research I Forschungsschiffahrt  
Hafenstraße 6d (Haus Singapore)  
D-26789 Leer

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

**Projektträger Jülich**

System Erde - Meeresforschung  
Schweriner Straße 44  
D-18069 Rostock

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

---

## Forschungsschiff / *Research Vessel* SONNE

---

|                                  |                                                                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vessel's general email address   | <a href="mailto:sonne@sonne.briese-research.de">sonne@sonne.briese-research.de</a>                   |
| Crew's direct email address      | <a href="mailto:n.name@sonne.briese-research.de">n.name@sonne.briese-research.de</a>                 |
| Scientific general email address | <a href="mailto:chiefscientist@sonne.briese-research.de">chiefscientist@sonne.briese-research.de</a> |
| Scientific direct email address  | <a href="mailto:n.name@sonne.briese-research.de">n.name@sonne.briese-research.de</a>                 |

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)              | +47 224 09509    |

---

**SONNE Reise /SONNE Cruise SO278 (GPF 19-2\_007H)**

---

**12. 10. 2020 - 01. 12. 2020**

**Fluid/Gesteinswechselwirkung im Widerlagerungsbereich der afrikanisch-europäischen Konvergenzzone im Mittelmeer südlich von Kreta**  
*Fluid-rock interaction at the backstop to the Mediterranean Ridge Accretionary Complex South of Crete, FRINGE*

|                                       |                                                                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fahrt / Cruise SO278</b>           | 12.10.2020 - 01.12.2020<br>Emden (Deutschland) - Emden (Deutschland)                      |
| <b>Fahrtleitung / Chief Scientist</b> | Prof. Dr. Gerhard Bohrmann                                                                |
| <b>Koordination / Coordination</b>    | Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe<br><i>German Research Fleet Coordination Centre</i> |
| <b>Kapitän / Master SONNE</b>         | Lutz Mallon                                                                               |

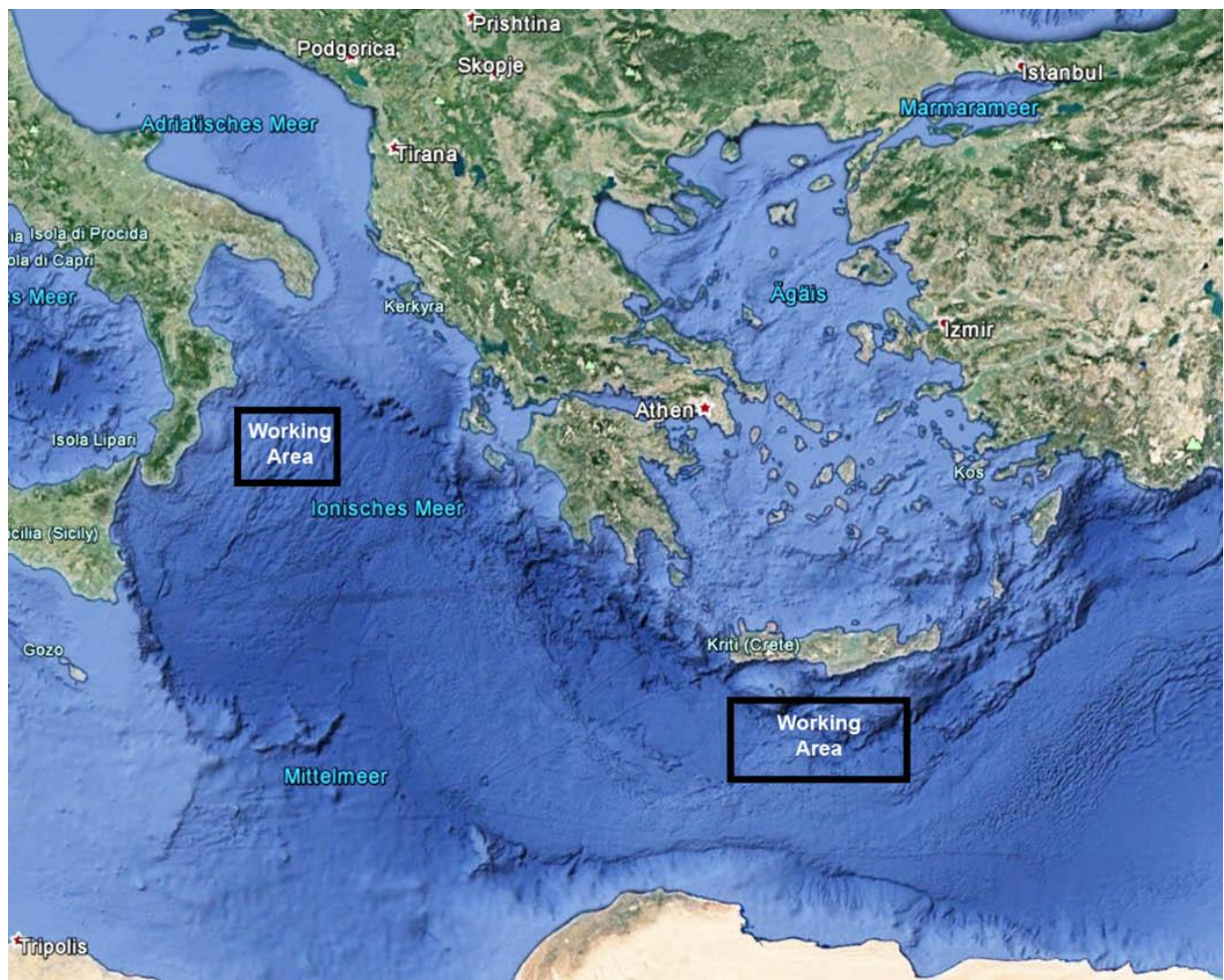


Abb. 1: Geplante Arbeitsgebiete der SONNE Expedition SO278 in der AWZ von Griechenland und Italien.

Fig. 1: Planned working areas of SONNE cruise SO278 within the EEZ of Greece and Italy.

## Übersicht

Die Expedition „FRINGE“ im Hellenischen und Kalabrischen Bogen der Mittelmeer-Subduktionszone mit dem Forschungsschiff SONNE (SO278) ist Teil des Bremer Exzellenzclusters am MARUM „Der Ozeanboden – unerforschte Schnittstelle der Erde“. Die Fluid- und Gesteinsuntersuchungen spezifischer Fluid- und Gasaustrittsstellen am Meeresboden des Mittelmeeres sind Teil des Forschungsbereiches REACTOR, wobei vor allem der Themenbereich 1 (Meerwasser-Kruste Wechselwirkungen) und Themenbereich 3 (Prozesse und Dynamik von Vents und Seeps) unmittelbar davon betroffen sind.

Der größere Teil der Expedition SO278 wird im Hellenischen Bogen - dem sogenannten Mittelmeerrücken (Abb. 1-2) - in Griechenland südlich von Kreta durchgeführt. Dort werden Fluidaustrittsstellen mit hydroakustischen Methoden exploriert, hochauflösend vermessen und mit Kerngeräten (Schwerelot, Multicorer, Minicorer) und Temperaturmessungen untersucht. Der kleinere Anteil der Untersuchungen wird im Kalabrischen Akkretionskomplex in Italien an Schlammvulkanen durchgeführt.

Zusätzlich zu den Stationsarbeiten im Hellenischen Bogen planen wir Stationsarbeiten im Kalabrischen Bogen innerhalb der AWZ Italiens. Ziel ist es, die dynamischen Prozesse der Schlammvulkane SARTORI und CETUS besser zu verstehen. Hier stehen die Massenbilanzen der Schornsteinstrukturen sowie die zeitliche/räumliche Verteilung der Schlammströme und deren Wechselwirkung von geologischen, physikalischen und chemischen Prozessen im Mittelpunkt der Forschung. Die bisherigen Auswertungen im Rahmen des DFG-Projekts haben gezeigt, dass die Datenerfassung und Probennahme wichtige neue Erkenntnisse zum Verständnis beide Schlammvulkane liefern würde.

## Synopsis

*The "FRINGE" expedition to the Hellenic and Calabrian arc of the Mediterranean subduction zone with the research ship SONNE (SO278) is part of the Bremen Cluster of Excellence at MARUM "The Ocean Floor – Earth's uncharted Interface". The fluid and rock investigations of specific fluid and gas discharge areas at the sea floor of the Mediterranean Sea are part of the research area REACTOR, whereby Theme 1 (seawater crust interactions) and Theme 3 (processes and dynamics of vents and seeps) are directly affected.*

*The greater part of the expedition SO278 will be carried out in the Hellenic arc the so-called Mediterranean ridge (Figs. 1-2) south of Crete in Greece. There, fluid discharge areas are explored using hydro-acoustic methods, measured with high resolution and examined with several core devices (gravity corer, multicorer, minicorer) and temperature measurements. The smaller part of the investigations is carried out on mud volcanoes in the Calabrian accretionary complex in Italy.*

*In addition to the station work in the Hellenic arc we are planning to perform station work in the Calabrian arc within the EEZ of Italy. The goal is to better understand dynamic processes of SARTORI and CETUS mud volcanoes. Here, the mass balances of the chimney structures, as well as the temporal / spatial distributions of mud flows and their interaction of geological, physical and chemical processes are in the focus of research. The evaluations within the DFG project so far have shown that the data collection and sampling would provide significant new insights into the understanding of both mud volcanoes.*

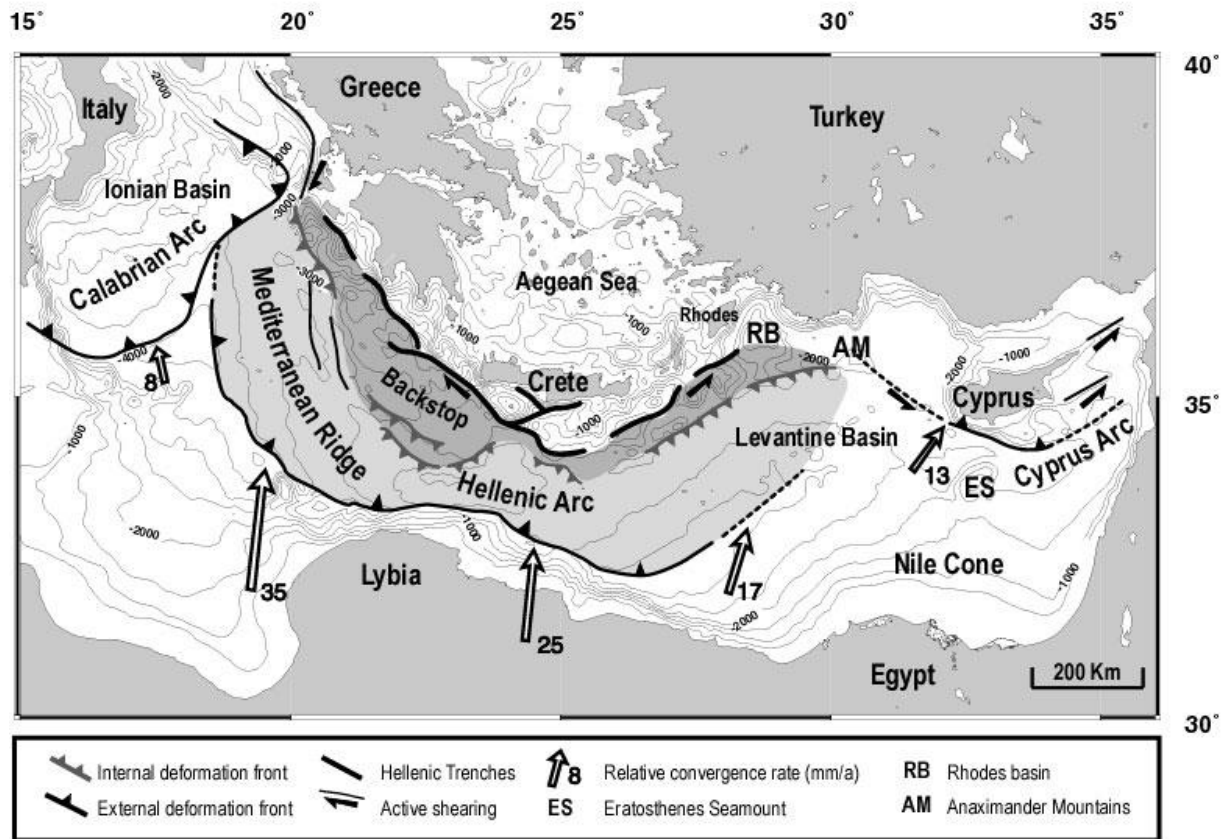


Abb. 2: Allgemeine tektonische Lage des östlichen Mittelmeers (Zitter et al. 2005).

Fig. 2: General tectonic setting of the eastern Mediterranean Sea (Zitter et al. 2005).



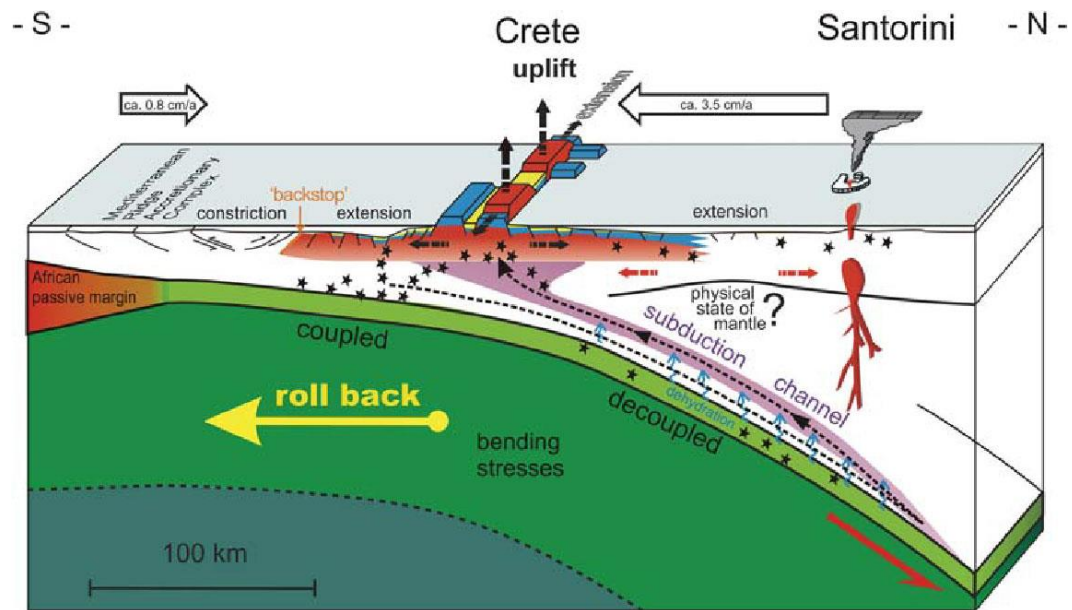


Abb. 3: Dreidimensionale schematische Darstellung der Hauptmerkmale der hellenischen Subduktionszone auf Kreta und des vorgeschlagenen Modells für die Hebung der Insel. Der Ort der seismischen Aktivität innerhalb des Beobachtungszeitraums wird schematisch durch Sterne dargestellt. Die fett schwarz gestrichelten Pfeile und Bezeichnungen "Erweiterung" und "Verengung" beziehen sich auf die geologische Aufzeichnung seit etwa 4 Ma, als die Hebung von Kreta begann. Der vorgeschlagene Bereich des Rückflusses im oberen Teil eines Subduktionskanals ist in lila dargestellt (Meier et al. 2007).

Fig. 3: Three-dimensional schematic illustration of the principal features of the Hellenic subduction zone in the area of Crete, and the proposed model for uplift of the island. The location of seismic activity within the observation period is shown schematically by stars. The bold black dashed arrows and labels 'extension' and 'constriction' refer to the geological record since about 4 Ma, when the uplift of Crete commenced. The proposed realm of backflow in the upper portion of a subduction channel is shown in purple (Meier et al. 2007).

## Wissenschaftliches Programm

An konvergenten Plattenrändern ist, verglichen mit frontaler Entwässerung des Akkretionskeils oder den vulkanischen Prozessen am Inselboden, der Bereich dazwischen relativ inkomplett verstanden.

Im Rahmen der geplanten Expedition soll der landwärtige Akkretionskomplex im östlichen Mittelmeer entlang prominenter Störungssysteme untersucht werden an Orten, wo vorherige Studien tiefwurzelnden Schlammvulkanismus und Störungsletten am Ozeanboden fanden (Abb. 3, 4). Dieses Material scheint zumindest zum Teil aus Tiefen zu kommen, die der Plattengrenze zwischen Afrika und Eurasia entsprechen und bis in den Subduktionskanal bzw. den hydratisierten Mantelkeil der Hellenischen Subduktionszone unter Kreta/Griechenland reichen.

Auf der Expedition sollen mit dem MARUM AUV Seal5000 hochauflösende Karten die Orte austretenden Serpentinits und Tiefenschlamm lokalisiert und dann gezielt beprobt werden. Das Arbeitsprogramm wird durch in situ Messungen zu Temperatur und Sedimentphysik komplementiert.

Die übergeordneten Ziele der Expedition zielen darauf ab, verschiedene Disziplinen zu kombinieren, um Daten über den Fluidfluss, seine geotechnischen Einschränkungen (aus Kernen und In-situ-Messungen) und die Steuerung geochemischer Reaktionen sowie PT-Effekte (aus nachgeordneten Experimenten) zu sammeln.

Der umfassendere Ansatz beinhaltet eine Datenerfassung bestehender Ergebnisse aus der HSZ-Forschung, die Erfassung neuer Kern- und In-situ-Daten auf der Grundlage hochauflösender mikro-bathymetrischer Karten

## Scientific Programmes

*In the subduction factory it is distinguished between (i) the “small loop” (frontal de-watering), (ii) the intermediate loop several tens to hundreds of kilometres behind the toe (where out-of-sequence-faults and other pathways funnel deep-seated material to the seafloor), and (iii) the “big loop” (either recycling to the mantle, or emission along the volcanic arc).*

*The Hellenic Subduction Zone, Eastern Mediterranean, represents an area where major faults south of Crete, all superbly imaged geophysically and some associated with active mud volcanism, provide a window into the intermediate loop (Fig. 3 and 4).*

*In this expedition we propose to map faults and mud volcanoes by AUV (MARUM Seal5000) so that locations of extruded altered (serpentinised) mud and fault gouge can be identified and sampled to study the origin of such materials, the degree of alteration, and the role in element budgets at the interface between geosphere and hydrosphere. Heat flow and CPTu will be measured complementarily.*

*The overall objectives of the expedition aim to combine various disciplines to collect data on fluid flow, its geotechnical constraints (from cores and in situ measurements) and governing geochemical reactions, and PT effects (from post-cruise experiments) to shed light on the “intermediate loop” in the subduction factory.*

*The wider approach includes a data compilation of existing results from HSZ research, the collection of new core and in situ data based on high-resolution micro-bathymetric maps, chemical and geotechnical analyses on*

sowie chemische und geotechnische Analysen des Materials. Die Einbeziehung all dieser Punkte soll in ein umfassendes Modell zur Abschätzung der Fluid- und Elementbudgets im landwärts gelegenen Teil dieses ausgereiften Akkretionskomplexes einfließen.

Die wichtigsten Fragen und überprüfbaren Hypothesen umfassen:

- Können authigene Präzipitate und/oder freie Kohlenwasserstoffgase Hinweise auf einen aktiven Fluidfluss oder eine Entlüftung entlang der Verwerfungsaufschlüsse und auf dem Kamm der Schlammvulkane liefern?

- Gibt es vererbte „tiefe“ Zeichen, Sulfatmangel oder freien Wasserstoff, der eine Serpentinisierung und/oder Hinweise auf mikrobielle Aktivität oder Leben in extremer Tiefe anzeigen?

- Wenn die AUV-Karten es uns ermöglichen, verschiedene Generationen von Schlammflüssen oder andere Hinweise auf episodische Aktivitäten zu identifizieren, können die jüngsten Ereignisse mit dem 365-AD-Mega-Erdbeben zusammenhängen?

- Ist die Durchlässigkeit von Oberflächen- und Untergrundsedimenten, insbesondere im flachen Bruch oder auf der Schlammkuppeln ausreichend hoch, um eine aktive Entlüftung zu ermöglichen?

- Die  $\delta^{11}\text{B}$ -Signaturen der an den Kernstellen gefundenen Fluiden werden im Verhältnis zum Meerwasser aufgrund tiefsitzender Dehydratisierungsprozesse und anderer diagenetischer Reaktionen abgereichert (Abb. 5).

- Werden andere Elemente mobilisiert, z.B. Li, Mg, Ba oder K in der tiefen HSZ, wie es aus den bisher durchgeführten hydrothermalen Verformungstests hervorgeht?

- Wie gut korrelieren die aus In-situ-CPTU-Tests geschätzten Permeabilitäten mit Permeameter-Experimenten bei verschiedenen Grenzspannungen im geotechnischen Labor?

*the material to be recovered, and incorporation of all the above into a comprehensive model to estimate fluid and element budgets in the landward portion of this mature accretionary complex. Sample fault sutures, Fig with Butt1&2:*

*The key questions and testable hypotheses based on high-resolution mapping, sampling, in situ-measurements and chemical analyses include:*

*- Can authigenic precipitates and/or free hydrocarbon gases provide evidence for active fluid flow or venting along the fault outcrops and at the crest of the mud volcanoes?*

*- Are there inherited “deep” signatures, sulfate depletion or free hydrogen (i.e. the strongest electron donor) that indicate serpentinisation and/or evidence for microbial activity or life at extreme depth?*

*- If the AUV maps enable us to identify different generations of mud flows or other evidence for episodic activity, may the youngest events be related to the 365 AD mega-earthquake?*

*- The permeability of surface and subsurface sediment, in particular in the shallow fault or on top of the mud dome, are sufficiently high to allow active venting?*

*-  $\delta^{11}\text{B}$  signatures of the fluids found at the coring sites will be depleted relative to seawater because of deep-seated dehydration processes and other diagenetic reactions (Fig. 5).*

*- Will other elements be mobilised, e.g. Li, Mg, Ba or K in the deep HSZ, as is indicated from the controlled hydrothermal deformation tests we carried out so far?*

*- How well do the permeabilities estimated from in situ CPTU tests correlate with permeameter experiments at various confining stresses in the geotechnical laboratory?*

- Geben HF-Messungen Hinweise auf einen tiefsitzenden Flüssigkeitsfluss, z.B. beim Messen über die Schlammkuppel?

- Do HF measurements give evidence for deep-seated fluid flow, e.g. when measuring across the mud dome?

Die Hauptziele im kalabrischen Bogen (Abb. 6) konzentrieren sich auf die Wechselwirkungen von geologischen, physikalischen und chemischen Prozessen in Schlammvulkanen. Laufende Änderungen und die Entwicklung der SV soll rekonstruiert werden.

*The main objectives of our studies in the Calabrian arc (Fig. 6), are focused on the interactions of geological, physical, and chemical processes at MVs by observing ongoing changes and reconstructing past evolution in order to improve estimates of gaseous and dissolved methane emissions with time, as well as to better understand the role of MVs as geohazards.*

Dazu können neu gewonnene hochauflösende seismische 2D- und 3D-Daten aktiver MVs in verschiedenen tektonischen Zonen des kalabrischen Akkretionsprismas (CAP) zurückgreifen. Unter Verwendung der regionalen seismischen 2D-Linien werden die neuen Daten mit dem etablierten stratografischen Informationen verknüpft.

*The seismic-based investigations for this project utilize newly acquired high-resolution 2D and 3D seismic data of active MVs in different tectonic zones of the Calabrian accretionary prism (CAP). Using available regional 2D seismic lines, the new data will be linked to the established stratigraphic framework spanning the past ~6 million years.*

Aus diesen Daten wollen wir Veränderungen in der Aktivität von Schlammvulkanen seit dem späten Miozän identifizieren und das tief verwurzelte Zufuhrsystem der Schlammvulkane abbilden.

*From these data, we aim to identify changes in mud volcano activity since the late Miocene, as well as to image the deep-rooted feeder system of the mud volcanoes.*

Die Arbeiten bauen auf den Ergebnissen der FS METEOR-Fahrt M112 sowie auf den Ergebnissen der POSEIDON-Expedition POS-499 auf. Die M112-Fahrt konzentrierte sich hauptsächlich auf die Untersuchung des VENERE SV, der mit AUV- und ROV-Tauchgängen kartiert und intensiv untersucht wurde.

*Our new work builds on findings of R/V METEOR cruise M112, as well as findings made during the POSEIDON expedition POS499. The M112 cruise focused mainly on the investigation at the VENERE MV, which had been mapped and studied intensively using AUV and ROV dives.*

Durch die Untersuchung der Schlammvulkanaktivitäten anderer Teile tektonischer Segmente (z. B. SARTORI und Cetus MV, Abb. 6) werden wir neue Informationen über den tieferen Akkretionskomplex erhalten.

*VENERE MV is located in the shallow part of the Inner pre-Messinian accretionary segment, and by investigating mud volcano activities of other parts of tectonic segments (i.e. SARTORI and CETUS MV, Fig. 6,) we will enlarge the knowledge of the deeper prism.*

#### **Ziel 1:** Schlammvulkanentwicklung:

Wir wollen die zeitliche Abfolge einzelner Schlammströme bei verschiedenen SVen untersuchen, um ein Modell für die SV-

#### **Aim 1:** Mud volcano evolution:

We want to investigate the temporal progression of individual mud flows at different MVs to constrain a model for MV genesis. The

Genese einzuschränken. Die auf der GAP nachgewiesenen SVE sind durch Bereiche mit hoher Rückstreuung gekennzeichnet, die als Hinweis auf extrudierte Schlamm-breccien interpretiert werden. Bei mehreren SVen ist es sogar möglich, die Schlammströme zu unterscheiden, indem Bereiche mit unterschiedlichen Rückstreuintensitäten umrissen werden (z. B. SARTORI SV).

Diese Informationen ermöglichen es, eine Abfolge der Schlammströme zu definieren, indem angenommen wird, dass die Rückstreuintensität am höchsten ist, wenn sie nicht von hemipelagischen Sedimenten überlagert werden, sondern mit zunehmender Sedimentbedeckung abnimmt.

Die seismische Signatur von extrudierten Schlammkörpern (niedrige akustische Impedanz, chaotisches Reflexionsvermögen) unterscheidet sich deutlich von der von regulären hemipelagischen Sedimenten (Schichtsequenzen mit höherem Reflexionsvermögen).

Die sedimentologischen und stratigrafischen Arbeiten an den neuen Schwerelotkernen werden es ermöglichen, die Entwicklung der Ereignisse des oberen Schlammflusses wie auf VENERE zu entwickeln.

## **Ziel 2:** Schlammvulkanmorphologien:

Die Oberflächenausbildung von SVen hängt hauptsächlich vom Fluidgehalt des extrudierten Schlammes ab. Schlämme mit geringer Porosität bilden Schlammkuppeln, kohäsivere Schlämme mit mittlerem Fluidgehalt können große Strukturen bilden. Schlämme mit hoher Porosität erzeugen Schlammkuchen auf dem Meeresboden. Auf der GAP werden verschiedene Arten von SV-Morphologien erkannt. Je detaillierter wir diese Strukturen abbilden können, desto mehr Informationen können wir über die Schlammflusseigenschaften abbilden.

Die Abbildung insbesondere der Morphologien einzelner Flüsse oder der Gebäude gibt neue Einblicke in SV-Prozesse. Die seismischen Daten, die bei SARTORI und

*MVs detected on the CAP are characterized by high backscatter areas, which are interpreted to indicate extruded mud breccias. At several MVs, it is even possible to distinguish the mud flows by outlining areas with different backscatter intensities (e.g. SARTORI MV).*

*This information allows defining a succession of the mud flows by assuming that the backscatter intensity is highest when not buried by hemipelagic sediments but decreases with increasing sediment coverage. With the newly available Parasound data across SARTORI MV, it will be possible to extend the seafloor maps downwards (and thus backwards in time) and map previous periods of MV activity.*

*The seismic signature of extruded mud bodies (low acoustic impedance, chaotic reflectivity) is distinctly different from that of regular hemipelagic sediments (layered sequences of higher reflectivity).*

*The sedimentological and stratigraphic work on the new gravity cores will allow to develop the evolution of the upper mud flow events like we did on VENERE.*

## **Aim 2:** Mud volcano morphologies:

*Surface expressions of MVs depend primarily on the fluid content of the extruded mud. Muds with low porosities form mud domes, more cohesive muds with intermediate fluid content can build large structures with high elevations. High-porosity muds create mudpies on the seafloor. On the CAP various types of MV morphologies are recognized and the more detailed we can image these structures the more information about the mud flow characteristics can be drawn.*

*Imaging especially the morphologies of individual flows or the edifices gives new insights into MV processes. The seismic data acquired at SARTORI and VENERE MV (will*

VENERE MV erfasst wurden, ermöglichen die Entwicklung von Karten für vergrabene Schlammströme und unter Verwendung von seismischen Attributen (z. B. Kohärenz) können wir die internen Eigenschaften dieser älteren Strömungen definieren, um mögliche Änderungen der Schlammigenschaften im Laufe der Zeit zu identifizieren (Konsolidierung und Porositätsreduzierung).

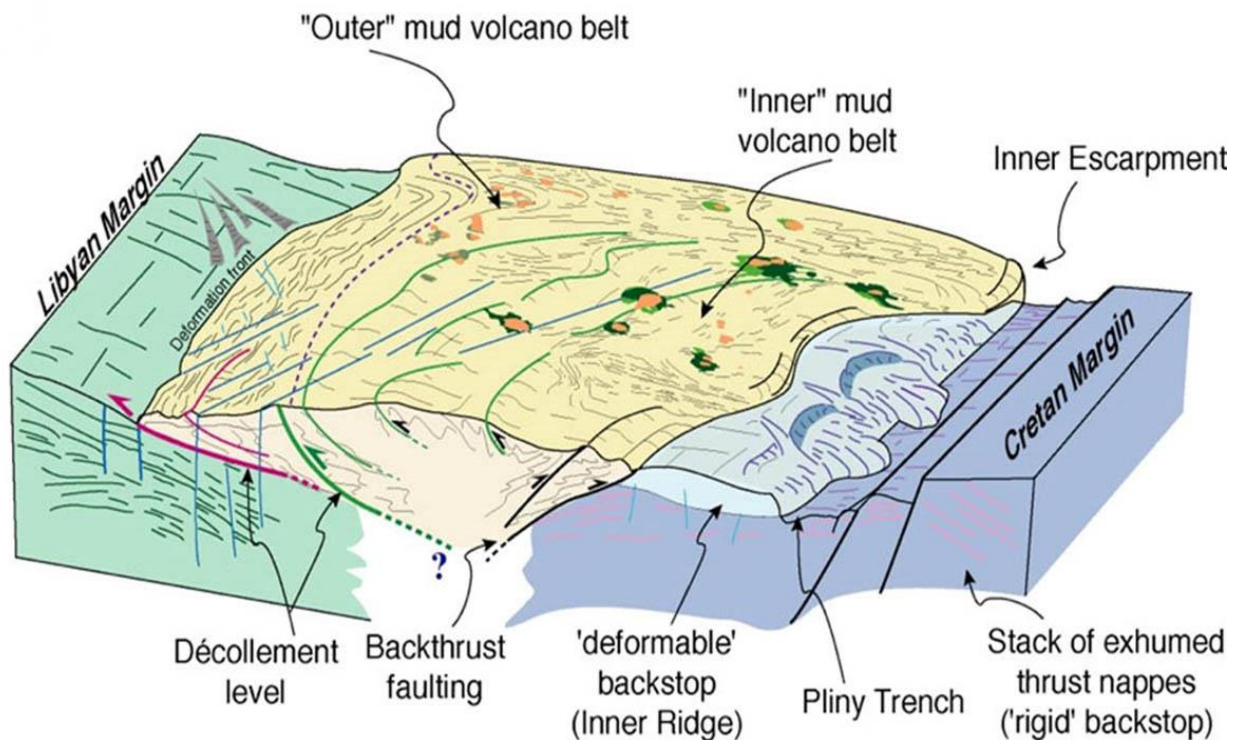
**Ziel 3:** Tiefe Wurzeln der SVE durch Auswahl verschiedener SVE über den kalabrischen Akkretionskeil hinweg verteilt, helfen verschiedene tektonische Regime und ihre internen Strukturen zu charakterisieren, die den Ort und die Entwicklung dieser SVE steuern. VENERE SV befindet sich am südlichen Rand des Vorbogens. SARTORI-, und CETUS-MVs befinden sich im inneren vormessinischen Prisma.

**Ziel 4:** Jüngste Schlammvulkanaktivität: Schlammvulkanismus ist sicherlich episodisch mit normalerweise langen Ruhephasen und kurzlebigen Eruptionen, während die Wiederholungszeiten stark variieren können. Ruhende SVE können jedoch durch schwaches Seepage gekennzeichnet sein, was für die SVE Madonna dello Ionio und Pythagoras abgeleitet wird. Während M112 wurde nur am VENERE SV aktives Seepage nachgewiesen. Temperaturanomalien bei CETUS MV und erhöhte Methankonzentrationen im Porenwasser bei NICOLAUS SV deuten ebenfalls auf eine erneute Aktivität hin, obwohl der letzte Schlamm-ausstoß vor mehreren tausend Jahren liegen könnte. Die systematische Erfassung von akustischen Wassersäulendaten wird dazu beitragen, die jüngste Aktivität der MVs zu bestimmen und als Vergleichsdaten zur Fahrt M112 dienen.

*allow developing maps of buried mud flows and by using seismic attributes (e.g. coherency) we will define internal properties of these older flows allowing identifications of potential changes in the mud-properties over time or their changes post-extrusion (consolidation and porosity reduction).*

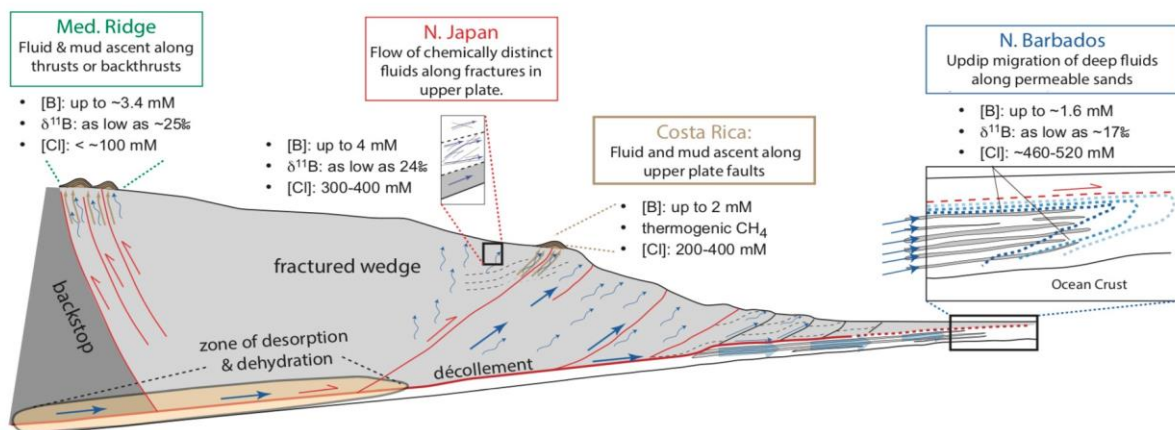
**Aim 3:** *Deep roots of the mud volcanoes by selecting different MVs across the Calabrian accretionary prism, we will be able to characterize different tectonic regimes and their internal structures controlling the location and evolution of these MVs. VENERE MV is located at the southern rim of the fore-arc basin. SARTORI, and CETUS MVs are within the inner pre-Messinian prism.*

**Aim 4:** *Recent mud volcano activity: Mud volcanism is certainly episodic with usually long phases of quiescence and short-lived eruptions, whereas reoccurrence times might vary widely. However, dormant MVs can show quiescent fluid seepage, which is inferred for the Madonna dello Ionio and Pythagoras MVs. During M112, the only active fluid seepage was detected at VENERE MV by water column imaging. Temperature anomalies at CETUS MV and elevated methane concentrations in the bottom water at NICOLAUS MV also point to recent activity, although the last mud expulsion might be several thousand years ago. Systematic water column imaging while seismic data acquisition is ongoing will help to determine the recent activity of the MVs, as well as serve as comparison to data acquired during M112 and POS449.*



**Abb. 4:** Blockdiagramm des Mittelmeerrückens, der im Süden vom lybischen Kontinentalrand (links) und im Norden vom Kontinentalsockel Kreta (rechts) begrenzt wird. Die Verteilung von Schlammvulkanen und Störungen sind markiert. Beachte tief-liegende Störungen unter dem Akkretionskeil mit Widerlager.

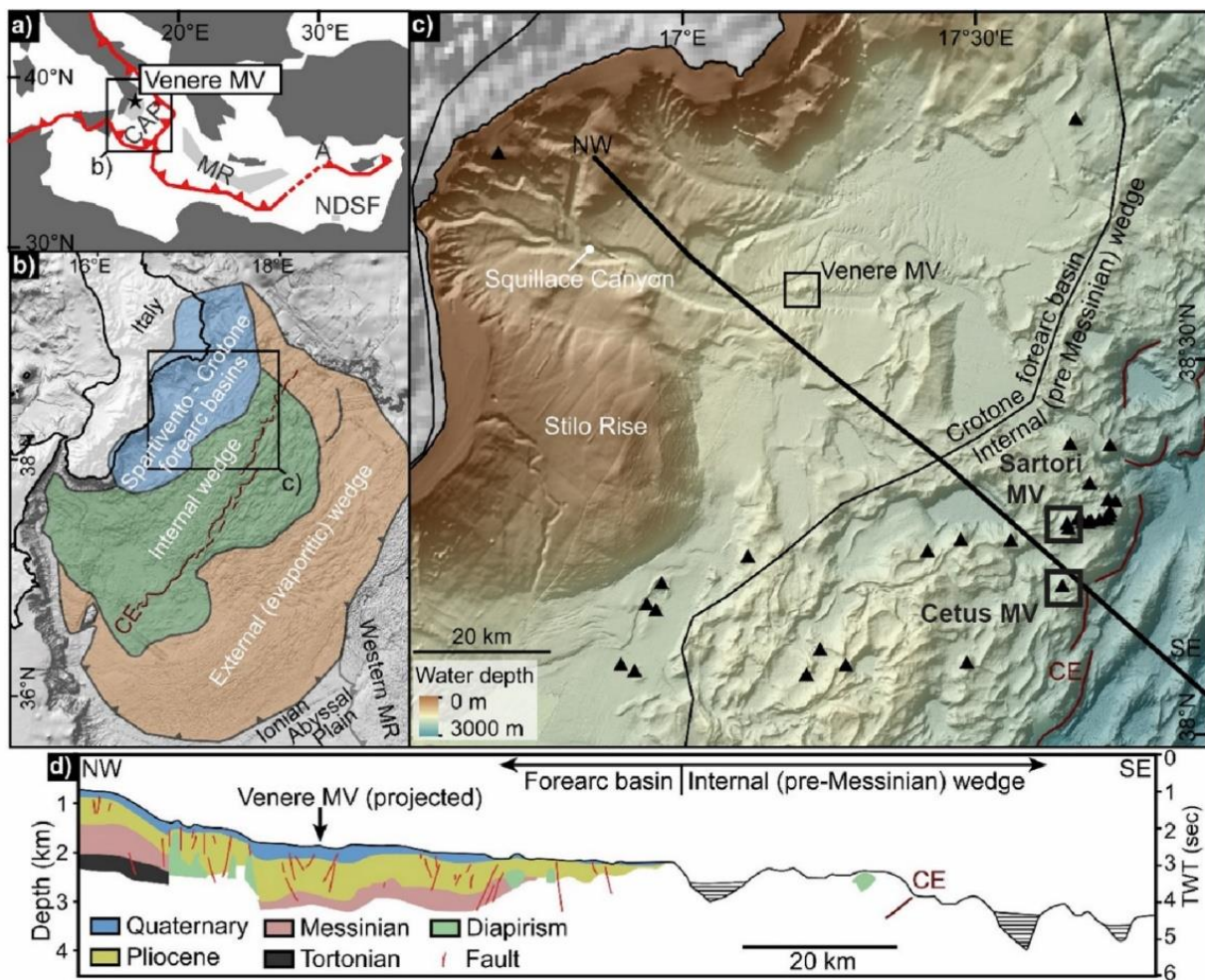
**Fig. 4:** Schematic block diagramme of the MedRidge bordered by the Libyan margin in the South (left) and the Cretan Margin in the North (right). Green and orange pie-shaped features illustrate the occurrence of mud volcanoes. Note deep-seated faults beneath the prism and backstop.



**Abb. 5:** Simulierte B-Konzentration und stabile Isotopensignatur basierend auf Fluidströmungsmodellen in den Unterarmen von Barbados, Costa Rica, Nordjapan und Kreta (Saffer & Kopf 2016).

**Fig. 5:** Simulated B concentration and stable isotope signature based on fluidflow models across the Barbados, Costa Rica, N. Japan and Cretan forearcs (Saffer & Kopf (2016)).





**Abb. 6:** Karten und geologischer Querschnitt des Kalabrischen Bogens.  
**a:** Lage des Schlammvulkans VENERE (MV; Stern) im Kalabrischen Akkretionsprisma (CAP) relativ zu den Plattengrenzen (rote Linien) und den wichtigsten MV-Provinzen im östlichen Mittelmeer (MR = Mittelmeerkamm, A = Anaximandergebirge, NDSF = Nile Deep Sea Fan);  
**b:** Hauptmorphostrukturzonen der GAP und Grenzen; CE = Calabrian Escarpment);  
**c:** Verteilung von MVs (nach Ceramicola et al. 2014) auf den inneren Keil- und Unterarmbecken (siehe b), einschließlich VENERE MV, CETUS MV und SARTORI MV;  
**d:** NE-SW-Profil über das Crotona-Becken, das den geologischen Kontext des Untersuchungsgebiets zeigt (von Loher et al. 2018a).

**Fig. 6:** Maps and geological cross section of the Calabrian arc.  
**a:** Location of VENERE mud volcano (MV; star) in the Calabrian accretionary prism (CAP) relative to plate boundaries (red lines) and main MV provinces in the E Mediterranean Sea (MR = Mediterranean Ridge, A = Anaximander Mountains, NDSF = Nile Deep Sea Fan);  
**b:** Main morpho-structural zones of the CAP and boundaries; CE = Calabrian Escarpment);  
**c:** Distribution of MVs (after Ceramicola et al. 2014) on the internal wedge and forearc basins (see b) for extent) including VENERE MV, CETUS MV and SARTORI MV;  
**d:** NE to SW profile across the Crotona basin showing the geological context of the study area (from Loher et al. 2018a).



## Arbeitsprogramm

Unser Arbeiten konzentrieren sich auf mehrere Lokationen (Abb. 7) und sind wie folgt strukturiert:

### Meeresboden Kartierung

Da die Auflösung der verfügbaren bathymetrischen Daten für den Mittelmeerrücken südlich von Kreta derzeit auf der Kartierung mit dem ELAC-System von RV POSEIDON im Jahr 2011 beruht, die für sehr detaillierte Probennahme- und Messstrategien nicht ausreicht, planen wir hochauflösende Kartierungen und nutzen das AUV MARUM SEAL5000, das mit einem Multi-beam-System ausgestattet ist. Das AUV wurde bisher auf 10 Fahrten in den letzten 7 Jahren als modulare Trägerplattform für verschiedene autonome Unterwasseranwendungen eingesetzt. Wir planen, das AUV mit dem Kongsberg Multibeam EM 2040 auszustatten. Der Multi-beam verfügt über drei umschaltbare Frequenzen (200, 300, 400 kHz). Mit der Frequenz von 300 kHz können wir das Instrument 80 m über dem Meeresboden betreiben und trotzdem eine gute Auflösung erhalten. 80 m ist eine sichere Entfernung, da das Gelände uneben sein kann und die Reichweite der Wassertiefe von 3800 m bis 3000 m für das AUV immer noch eine Herausforderung darstellt. 80m ist auch ein geeigneter Abstand für parallele Track-Linien. Zusätzlich zu den Navigations-, Multi-beam- und CTD-Daten werden kontinuierlich Daten der Wassersäule aufgezeichnet, um Fluidaustritte zu erkennen. Ein weiterer entscheidender Aspekt der detaillierten AUV-Kartierung ist die Möglichkeit, Gasemissionen in der Wassersäule zu erkennen. Eine grobe Nachbearbeitung der AUV-Daten wird an Bord des Schiffes durchgeführt, um die weitere Planung während der Fahrt zu ermöglichen.

### Wärmefluss:

Die *in-situ*-Messung der Temperatur ist ein unersetzlicher Parameter zur Identifizierung von Fluidflussprozessen oder -anomalien aufgrund von Reibungserwärmung in der Tiefe. Die Verwendung von Bremer HF-Sonden

## Work Programme

Our work is concentrated on several locations (Fig. 7) and is structured as follows:

### Seafloor mapping and imaging

As the resolution of available bathymetric data for the MedRidge south of Crete currently relies on the mapping done with RV POSEIDON's ELAC system in 2011, which is insufficient for very detailed sampling and measurement strategies, we plan a high resolution mapping using the AUV MARUM SEAL5000 equipped with a multi-beam and a side-scan-sonar system. This AUV was used until now as a modular carrier platform for different autonomous underwater applications during 10 cruises in the last 7 years. We plan to equip the AUV with the Kongsberg multibeam EM 2040. The multibeam has three switchable frequencies (200, 300, 400kHz) and by using the 300 kHz frequency we are able to run the instrument 80 m above the seafloor and still obtain good resolution. 80 m is a safe distance, as the terrain could be rough and the range in water depth of 3800 m to 3000 m is still a challenge for the AUV. 80m is also a suitable distance for the parallel-running. In addition to the navigation, multibeam, and CTD data will be recorded continuously to detect bottom water anomalies associated with discharge sites during the surveys. Another crucial aspect of the detailed AUV mapping is the possibility to detect gas flares in the water column that could be associated with venting. A rough post-processing of the AUV data will be carried out on board of the vessel for the purpose of further planning during the cruise.

### Heat Flow:

The *in-situ* measurement of temperature is an irreplaceable parameter for identifying fluid flow processes or anomalies owing to frictional heating at depth. Using violin bow-HF probes developed at University of Bremen and

wird dazu beitragen, solche Prozesse zu identifizieren, ähnlich wie bei früheren Arbeiten in Kollisionszonen. Wir werden HF-Transekte parallel zur Plattenkonvergenz über die Verwerfungslinien messen über die Haupteinheiten des Mittelmerrückens und über ganze Schlammvulkane hinweg.

#### Schwerelotbeprobung:

Eines der Hauptziele während der Fahrt ist die detaillierte Beprobung mit dem Multicorer im Bereich von Schlüsselstellen. Im Bereich der Störungszonen sollen mehrere Schwerelotkerne in engem Abstand gezogen werden. Hochauflösenden AUV-Karten helfen die Probennahmelokationen genauer zu definieren. An den Schlammvulkanen planen wir Kernprofile von der Basis der Flanke bis zum Kamm und auch in Gebieten zu sammeln, in denen hochauflösende AUV-Kartierungen auf die jüngste Schlammflussaktivität hinweisen. Dazu nutzen wir auch die hydroakustischen Daten der Wassersäule.

#### Geotechnische Tests:

Ein kleiner Teil der Reihe mehrerer Schwerelotkerne bleibt auf der Fahrt ungeöffnet und wird für hydrothermale Verformungsexperimente (bis zu 80 MPa effektive Spannung und 150° C), Autoklaveninkubationsexperimente (Labor von W. Bach) aufbewahrt, um Permeabilität sowie Standardödometertests durchzuführen (A. Kopf's Labor). Die Variation der Permeabilität mit zunehmender normaler Belastung ist ein Schlüsselparameter für die vorgeschlagene Studie, da sie den Fluidfluss (und damit die Budgetschätzungen) über den gesamten Akkretionskomplex und die Backstop-Domäne steuert.

#### Porenwassergeochemie:

Haupt- und Spurenelemente werden routinemäßig an Porenwasser aus den Schwerelotkernen gemessen, bevor B- und Li-Isotope an ausgewählten Proben durchgeführt werden.

*operated in the proponent's working group will help to identify such processes, similar to earlier work in collision zones. We will measure HF transects parallel to plate convergence across the fault lineaments separating major units of the MedRidge and across entire mud volcanoes in the landward prism during the SONNE cruise.*

#### Coring:

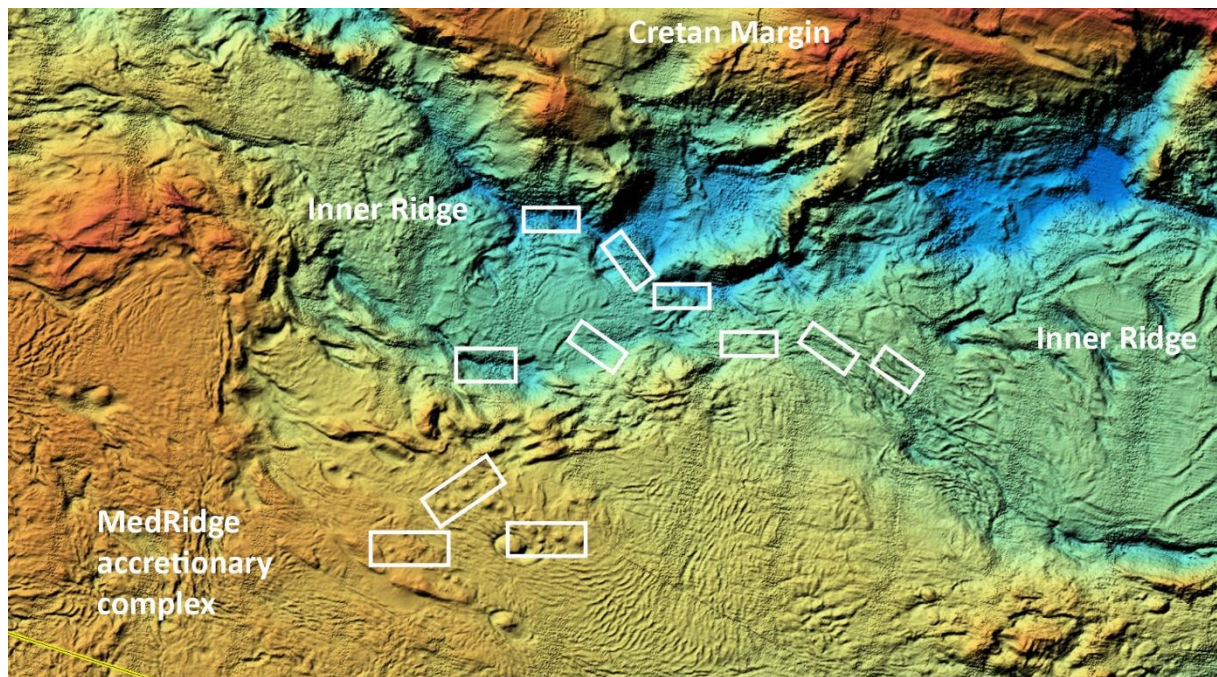
*One of the major goals during the cruise is multiple gravity coring at a small number of key sites. In the area of the fault outcrops we will take several gravity cores. These operations will be informed by the earlier AUV high-resolution maps in these areas. At the mud volcanoes, we plan to collect a transect of cores from the base of the flank to the crest and also in areas where high-resolution 8UV mapping has indicated recent mud flow activity. We will further utilise data from the Kongsberg hydro-acoustic methods, namely anticipated flares in the water column. This way we can ensure that we identify the hydrologically most active region on the dome.*

#### Geotechnical testing:

*A small number of the suite of multiple gravity cores will be left unopened on the cruise and are preserved for hydrothermal deformation experiments (up to 80 MPa effective stress and 150 °C), autoclave incubation experiments (W. Bach's laboratory) and permeability, as well as standard oedometer tests (A. Kopf's laboratory). Permeability variation with increasing normal stress is one key parameter for the proposed study, because it is governing fluid flow (and hence budget estimates) across the entire accretionary complex and backstop domain.*

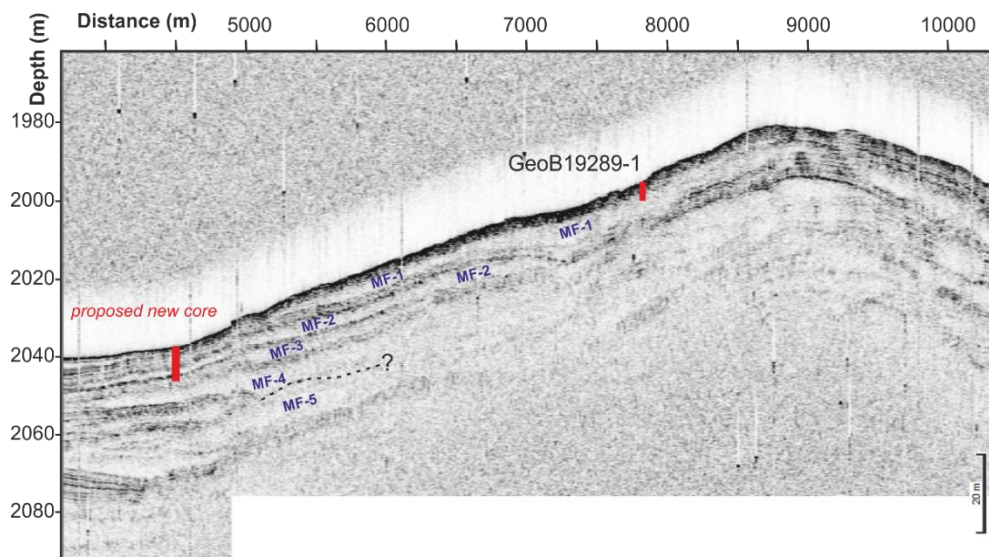
#### Pore water geochemistry:

*Major and trace elements will be measured routinely on pore fluids from the gravity cores, before B and Li isotopes will be carried out on selected samples.*



**Abb. 7:** Karte des Studiengebietes mit den vorgeschlagenen Lokationen für AUV-Tauchgänge, um hoch-auflösende Bathymetrie der Schlammvulkane zu bekommen, die zuvor als aktiv und entlang der Hauptstörungszone entweichen. Die Mehrzahl der roten Kästchen repräsentieren 2 Tauchgänge. Siehe Abb. 8 oben und Text.

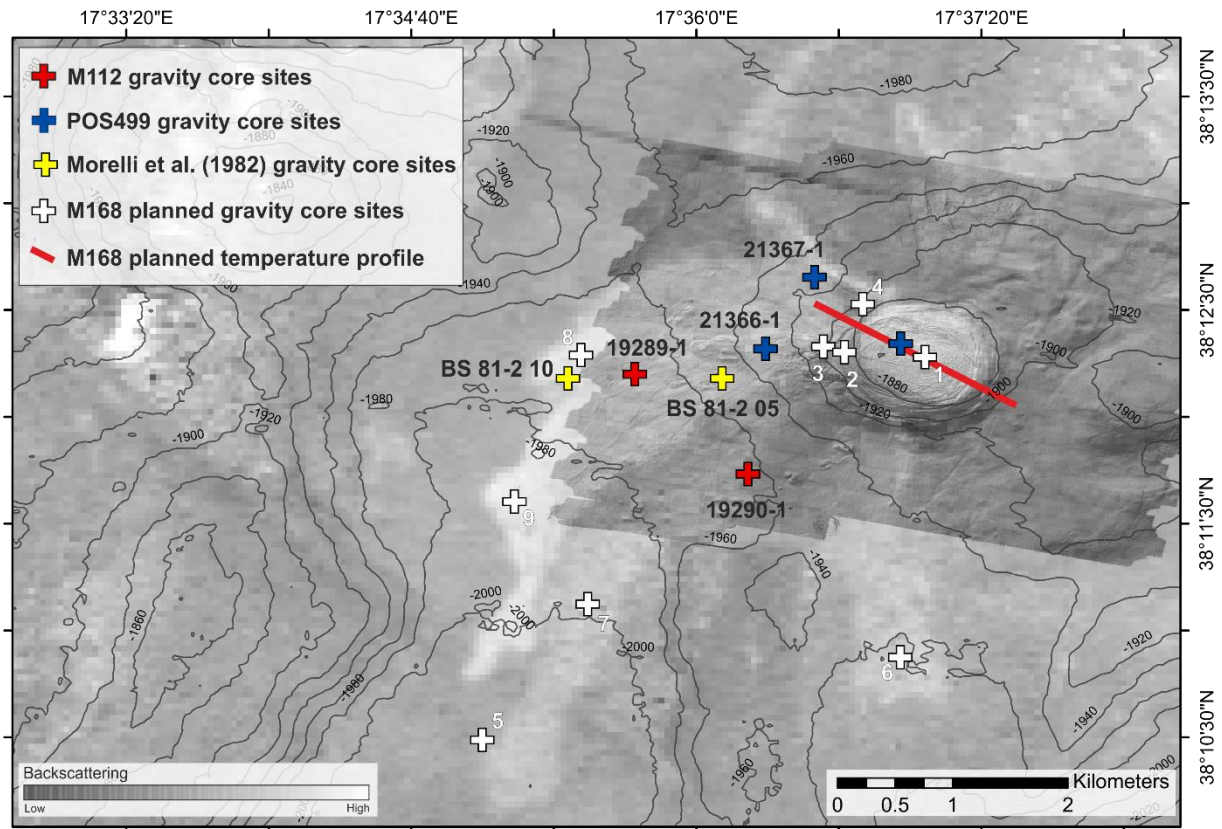
**Fig. 7:** Map of the study area showing the proposed locations of AUV dives to acquire high resolution bathymetry over mud volcanoes that have previously shown to be active as well as along major fault zone outcrops. Note that the majority of the red boxes represents 2 dives. See Fig. 8 above and text.



**Abb. 8:** Das NNE-SSW-verlaufende Parasoundprofil westlich von SARTORI MV zeigt bis zu 5 Schlammströmungsschichten, die durch hemipelagische Sedimente getrennt sind.

**Fig. 8:** NNE-SSW-trending Parasound profile west of SARTORI MV shows up to 5 mud flow layers, which are separated by hemipelagic sediments.





**Abb. 9:** Karte von SARTORI SV mit der EM122-Rückstreuung dargestellt, überlagert von einer AUV-basierten Rückstreukarte, die mit einem EM2040-Multibeam gemessen wurde. Die Anzahl der bisher vorhandenen Kerne wird angezeigt. Mögliche Stellen für die Schwerelotbeprobung (1-9) sind ebenfalls markiert. Die genauen Lokationen werden jedoch definiert, nachdem zusätzliche Parasoundprofile gemessen wurden.

**Fig. 9:** Map of SARTORI MV with the EM122 backscatter overlain by AUV-based backscatter map acquired by the EM2040 multibeam system. Numbers of existing cores are shown. Potential locations for gravity coring (1-9) are also marked, however, the exact locations will be defined after additional Parasound profiles have been measured.

Die Arbeiten im kalabrischen Bogen konzentriert sich hauptsächlich auf den SARTORI-Schlammvulkan und seine Schlammflussschichten. Die Extrusion von SARTORI MV bildet eine flache Vulkanstruktur mit einem Durchmesser von etwa 1 km, die flacher als 1880m ist (Abb. 9) und eine geringe Rückstreuung und 2 unterschiedliche Abflusszentren aufweist. Die Rückstreukarte des EM122 vom METEOR hat eine Frequenz von 12 kHz, die tiefer in die Sedimente eindringt als die EM2040 des AUV-Systems mit einer Frequenz von 300 kHz. Neben anderen Effekten wird die höhere Rückstreuung von Schlammströmungen im Allgemeinen als Ergebnis des Gehalts an Klasten in Schlammbrekzien interpretiert, was zu einer stärkeren Streuung des Mehrstrahlsignals führt. Wir verwenden daher die Rückstreuungsinformationen der vorhandenen Karten und die verfügbaren Parasoundaufzeichnungen (Abb. 8), um die Umgebung des Schlammvulkans detaillierter abzubilden. Wir beabsichtigen speziell, die Schlammströmungsschichten des Vulkans abzubilden, um die Orte für die Probennahme der Sedimentsequenz mit Schwerelotkernen und Multicorern zu überprüfen (Abb. 9). Für eine gute Auflösung der Parasoundaufzeichnungen ist es wichtig, die Schiffsgeschwindigkeit auf etwa 6 Knoten zu senken. Wir planen, zusätzlich mehrere NW-SE-Profil und einige Linien senkrecht zu messen. Insgesamt planen wir ein Gitter von ca. 36 nm, hauptsächlich im Westen und Süden des SARTORI MV. Wir erwarten ähnliche Informationen über tiefere Schlammströmungsschichten, wie wir in Abb. 8 beobachtet haben. Basierend auf den neuen Parasounddatensätzen, werden wir die genauen Positionen für die Entkernung überprüfen. Wir werden versuchen, tiefere Schlammstromlagen und die darüberliegende hemipelagische Sequenz innerhalb der Schwerelotkerne zu untersuchen. Wir nehmen auch Multicorerproben, um die exakten Oberflächensedimentmächtigkeiten für junge Schlammflüsse nahe der Sediment/Wasser-Grenze zu erhalten. Dies ist sehr wichtig, da die obersten Zentimeter der Schwerelotkerne in den meisten Fällen komprimiert sind und

*The working area in the Calabrian arc is dominantly concentrated on SARTORI Mud volcano and its mud flow layers. The extrusion of SARTORI MV forms a flat-top volcanic structure of around 1 km in diameter, shallower than 1,880 m (Fig. 9) which has low backscatter and 2 distinct outflow center. The backscatter map of the EM122 from the METEOR has a frequency of 12 kHz which penetrates deeper into the sediments as the EM2040 of the AUV-system with a frequency of 300 kHz. Beside other effects the higher backscatter of mud flows is generally interpreted as a result of the content of clasts in mud breccia which leads to a stronger scattering of the multi-beam signal. We therefore use the backscatter information of the existing maps and available Parasound records (Fig. 8) to map the surroundings of the mud volcano in more detail. We specifically intend to map the mud flow layers of the volcano to verify the locations for sampling the sediment sequence with gravity corer and Multi-corer (Fig. 9). For a good resolution of the Parasound records it is important to lower the ship's speed to around 6 knots. We are planning to measure several NW-SE profiles and some lines perpendicular in addition. In total we plan to record a grid of around 36 nm mostly in west and south of the SARTORI MV. We expect to get similar information on deeper mudflow layers as we have observed in Fig. 8. Based on the new Parasound records we will verify the exact locations for coring. We will try to sample deeper mudflow layers, and the hemipelagic sequence above within the gravity cores. We also take Multicorer samples get the exact recovery of the surface sediments for very recent mud flows just very close to the sediment/water boundary in order to calculate the age of the top of the mud flow based on sedimentation rates, which we did before on VENERE MV. This is very important because the uppermost centimeters of the gravity cores are in most cases compressed and do not represent the realistic depth range of the uppermost seafloor deposits. Sediment cores from the SARTORI MV area already show horizons which are well developed age marker. A distinct volcanic ash layer*

nicht den realistischen Tiefenbereich der obersten Meeresbodenablagerungen darstellen. Sedimentkerne aus dem SARTORI MV-Gebiet weisen bereits Horizonte auf, die gut entwickelte Altersmarker sind. Es ist bekannt, dass eine ausgeprägte Ascheschicht innerhalb der oberen 30 cm den Ausbruch des Somma-Vesuvius im Jahr 79 n. Chr. darstellt.

Darüber hinaus ist Sapropel 1 (S1) aufgrund seiner Überlagerung mit mehreren Ton-schichten bekannt. Basierend auf der Alters-datierung in anderen Kernen sind das Alter der Basis und des Tops des S1-Sapropels bekannt. Datierung anderer Vulkanascheschichten, z.B. tiefer im Kern 19290-1 (Abb. 9) sind in Bearbeitung und werden in Kürze verfügbar sein. Die Analyse der Kerne erfolgt im Rahmen des DFG-Projekts BO1049-22-1.

Darüber hinaus planen wir ein Profil mit mehreren Stationen für Temperatur-messungen in mehreren Tiefen bis zu 6m in den Sedi-menten. Solche Temperaturmessungen helfen dabei, die tatsächliche Leitung des Schlamm-vulkans zu finden und zu verstehen, wie aktiv der Schlammvulkan ist.

*within the upper 30 cm is well known to represent the Somma-Vesuvius eruption in the year 79 AD.*

*Furthermore Sapropel 1 (S1) is well known because of its interlayering with several clay layers. Based on age dating in other cores the age of the base and the top of the S1 sapropels are well known. Dating of other volcanic ash layers, e.g. deeper in Core 19290-1 (Fig. 9), are in progress and will be available soon. The analyses of the cores will be performed in the framework of DFG project BO1049-22-1.*

*In addition we are planning to perform a profile with several stations of temperature measurements in several depths down to 6m in the sediments. Such temperature measurements will help to find the actual conduit of the mud volcano and understand how active the mud volcano is.*



| <b>Zeitplan / Schedule</b>                                                                                       | <b>Fahrt / Cruise SO278 (GPF 19-2_007H)</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                                                                                  | Tage/days                                   |
| Auslaufen von Emden (Deutschland) am 12.10.2020<br><i>Departure from Emden (Germany) on 12 October 2020</i>      |                                             |
| Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>                                                       | 13.5                                        |
| Arbeiten im südlichen Kreta (AWZ Griechenland)<br><i>Work in southern of Crete (EEZ Greece)</i>                  |                                             |
| Beprobung mit Schwerelote, Multicorer, Minicorer<br><i>Sampling with gravity corer, multicorer and minicorer</i> | 5.0                                         |
| Mikrobathymetrie mittels MARUM AUV SEAL<br><i>Microbathymetry using the MARUM AUV SEAL</i>                       | 5.0                                         |
| Messungen des Wärmeflusses / <i>Heat flow measurements</i>                                                       | 5.0                                         |
| Einsätze der CTD/Wasserschöpfer<br><i>CTD hydrocast stations</i>                                                 | 2.0                                         |
| Hydroakustische Vermessungen mit den Schiffsgeräten<br><i>Hydro-acoustic mapping with ship's-own systems</i>     | 2.0                                         |
| TV-Schlitten (OFOS) Beobachtungsprofile<br><i>TV-sled observation deployments</i>                                | 2.0                                         |
| Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>                                                       | 1.0                                         |
| Arbeiten im Kalabrischen Bogen (AWZ Italien)<br><i>Work within the Calabrian Arc (EEZ Italy)</i>                 |                                             |
| Beprobung mit Schwerelote, Multicorer, Minicorer<br><i>Sampling with gravity corer, multicorer, minicorer</i>    | 1.0                                         |
| Messungen des Wärmeflusses / <i>Heat flow measurements</i>                                                       | 0.5                                         |
| Hydroakustische Vermessungen mit den Schiffsgeräten<br><i>Hydro-acoustic mapping with ship's own systems</i>     | 0.5                                         |
| Transit zum Hafen Emden<br><i>Transit to port Emden</i>                                                          | 11.5                                        |
|                                                                                                                  | Total 49                                    |
| Einlaufen in Emden (Deutschland) am 01.12.2020<br><i>Arrival in Emden (Germany) 01 December 2020</i>             |                                             |

---

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

---

### **GeoBremen**

FB5 Geowissenschaften  
Universität Bremen  
Klagenfurter Straße  
28359 Bremen  
Germany

### **MARUM**

Zentrum für marine Umweltwissenschaften  
Universität Bremen  
Leobener Str.  
28359 Bremen  
Germany

### **Geo Patras**

Geology Department  
University of Patras  
26504 Patras  
Germany

### **OGS**

Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale  
Borgo Grotta Gigante 42/c,  
34010 Sgonico, Trieste,  
Italy

---

## 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), welches 90% des Baus und die Betriebskosten finanziert. Die norddeutschen Küstenländer trugen zu 10% zu den Baukosten bei.

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

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

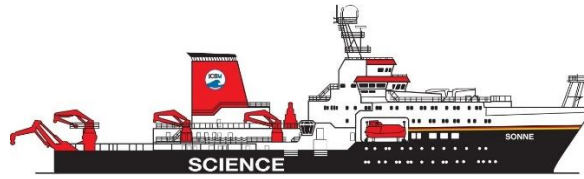
*The Review Panel German Research Vessels (GPF) reviews the scientific cruise proposals. GPF-approved Projects are suspect to enter the cruise schedule.*

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

*The German Research Fleet Coordination Centre at the University of Hamburg is responsible for the scientific-technical and logistical preparation, handling and supervision the vessels operation. It cooperates with the chief scientists on a partner-like basis and is the direct partner of the managing owner Briesse Schifffahrts GmbH & Co KG.*

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

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

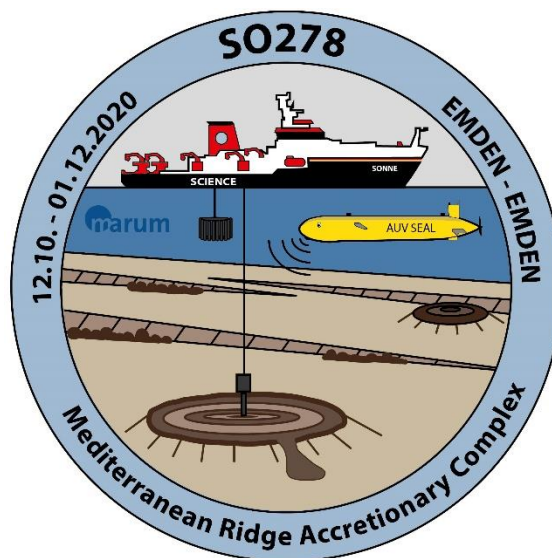


*Research Vessel*

**SONNE**

*Cruise No. SO278*

**12. 10. 2020 - 01. 12. 2020**



***Fluid-rock interaction at the backstop to the Mediterranean Ridge  
Accretionary Complex South of Crete, FRINGE***

*Editor:*

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

*Sponsored by:*

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