

Forschungsschiff

SONNE

Reise Nr. SO277 (GPF 19-2_012)

14. 08. 2020 - 03. 10. 2020



Marine Grundwasserexploration vor Malta

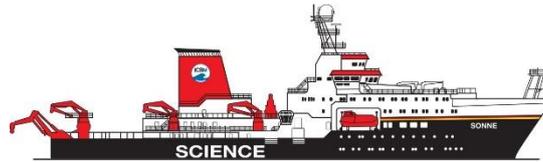
Herausgeber

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.* SO277 (GPF 19-2_012)

14. 08. 2020 - 03. 10. 2020



Marine Grundwasserexploration in Malta

OMAX (Offshore Malta Aquifer Exploration) in the Mediterranean Sea

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. Christian Berndt
GEOMAR Helmholtz-Zentrum
für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

Telefon: +49 431 600-2273
Telefax: +49 431 600-2922
e-mail: cberndt@geomar.de

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

Telefon: +49 40 42838-3640
Telefax: +49 40 42838-4644
e-mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de
http: www.ldf.uni-hamburg.de

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

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

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

email: gpf@dfg.de

Forschungsschiff / *Research Vessel* SONNE

Vessel's general email address

sonne@sonne.briese-research.de

Crew's direct email address

n.name@sonne.briese-research.de

Scientific general email address

chiefscientist@sonne.briese-research.de

Scientific direct email address

n.name@sonne.briese-research.de

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

Günther Tietjen, for example, will receive the address:

g.tietjen@sonne.briese-research.de

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

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

Phone Bridge

(Iridium Open Port)

+881 623 457 308

(VSAT)

+47 224 09509

SONNE Reise /SONNE Cruise SO277 (GPF 19-2_012)

14. 08. 2020 - 03. 10. 2020

Marine Grundwasserexploration vor Malta
OMAX (Offshore Malta Aquifer Exploration) in the Mediterranean Sea

Fahrt / Cruise SO277: 14.08.2020 - 03.10.2020
Emden (Germany) – Emden (Germany)

Fahrtleitung / Chief Scientist: Prof. Dr. Christian Berndt

Koordination / Coordination: Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
German Research Fleet Coordination Centre

Kapitän / Master SONNE Oliver Meyer

Übersicht

Die Expedition OMAX besteht aus zwei Abschnitten.

Zum einen werden vor der Küste Siziliens Ozeanboden-Geodäsiestationen ausgesetzt, die die Hangstabilität des Mt. Ätna überwachen werden und zum anderen werden mit geophysikalischen und geochemischen Methoden potentielle Grundwasser Aquifere vor der Küste von Malta untersucht.

Synopsis

The expedition OMAX consists of two sections.

First, ocean floor geodesy stations will be deployed off the coast of Sicily to monitor the slope stability of Mt. Etna and second, potential groundwater aquifers off the coast of Malta will be investigated using geophysical and geochemical methods.

Wissenschaftliches Programm

Mt. Ätna

Frühere Studien haben gezeigt, dass sich die Ostflanke des Vulkans Ätna langsam Richtung Mittelmeer bewegt. Eine größere plötzliche Hangrutschung könnte einen Tsunami auslösen.

Um die Dynamik der Flankenbewegung an Europas höchstem Vulkan besser zu verstehen und damit auch die Gefährdungsabschätzung für die Region zu verbessern, werden während der Expedition Vermessungsgeräte auf dem vor der Küste Siziliens liegenden Hangbereich installiert. Sie messen mit Hilfe von Schallsignalen den Abstand untereinander auf einige Millimeter genau.

Mit dieser marinen Geodäsie können in den kommenden Jahren Bewegungen des Untergrunds dokumentiert werden, die Rückschlüsse auf das Verhalten der instabilen Ätnaflanke erlauben.

Offshore Malta

Die Grundwasserressourcen in Malta sind durch das Bevölkerungswachstum, zunehmende Umweltverschmutzung und den Klimawandel enormen Belastungen ausgesetzt. Offshore-Aquifere (OA) können als alternative Frischwasserquelle genutzt werden, um der Wasserknappheit entgegenzuwirken. Es gibt jedoch eine Reihe von offenen Fragen, um eine nachhaltige Nutzung von OAs zu gewährleisten. Dazu gehört ein mangelndes Verständnis über die Vorkommnisse, die Geometrie/Dynamik, ihre Konnektivität mit Aquiferen an Land und ihre Evolution auf mögliche Verwertung und auf den Klimawandel.

Scientific Programme

Mt. Etna:

Previous studies have shown that the eastern flank of Etna volcano is slowly sliding towards the Mediterranean Sea. A sudden major landslide could trigger a tsunami.

In order to better understand the dynamics of the flank movement at Europe's highest volcano and thus to improve the hazard assessment for the region, a network of six transponders will be installed on the seafloor off the coast of Sicily during the expedition. With the aid of sound signals, the transponders will measure the distance between them with an accuracy of a few millimeters.

With this seafloor geodesy network, deformation of the seafloor can be documented in the coming years, allowing to better constrain the movements of Etna's unstable flank.

Offshore Malta

Groundwater resources in Malta are facing enormous stress caused by population growth, increased pollution, and climate change. Offshore aquifers (OAs) have been proposed as an alternative source of freshwater to relieve water scarcity for this island nation. However, there are a number of first-order questions that need to be addressed before OAs can be used sustainably. These include a lack of understanding regarding the location, geometry, and dynamics of OAs, their connectivity with onshore aquifers, and their evolution in response to potential exploitation and climate change.

Ziele dieses Projekts

1) Basierend auf marinen elektromagnetischen und seismischen Daten soll ein geologisches Modell vor Maltas Küste erstellt werden und das Volumen und die räumliche Ausdehnung eines offshore Grundwasservorkommens identifiziert werden. Der gemessene marine Datensatz wird mit bestehenden geophysikalischen Daten und Grundwasserbohrungen vom Land erweitert, um Kalibrationsdaten für hydrogeologische Modellierungen zu erstellen.

2) Lokalisierung von aktiven und inaktiven Fluid-aufstiegsstrukturen am Meeresboden mittels hochauflösender Bathymetrie- und Parasound-Daten.

3) Geochemische Untersuchungen von bodennahen Fluiden im Meerwasser und Porenwasser im Sediment zur Charakterisierung von Frischwasser/Meerwasser Mischungsverhältnissen, Indikation der Frischwasserquelle, Abschätzung regionaler Fließgeschwindigkeiten und Grundwasseralter in den distalen Teilen der OAs.

The aims of this project

1) Build a geological model and constrain the volume and spatial extent of the aquifer(s) offshore Malta based on joint electromagnetic and seismic data acquisition. This offshore dataset will be combined with existing onshore geophysical data, and groundwater borehole samples to establish calibration data for hydrogeological modelling.

2) Localize active and dormant seep structures, which open a window into the aquifer at depth, using high resolution acoustic bathymetry and parasound data.

3) Geochemical characterization of seeping groundwater and porewater to better interpret the geophysical data and provide background information for the hydrogeological models such as: freshwater source, mixing between freshwater and seawater/brine, regional fluid flow rates, and groundwater ages in the distal parts of the aquifer.

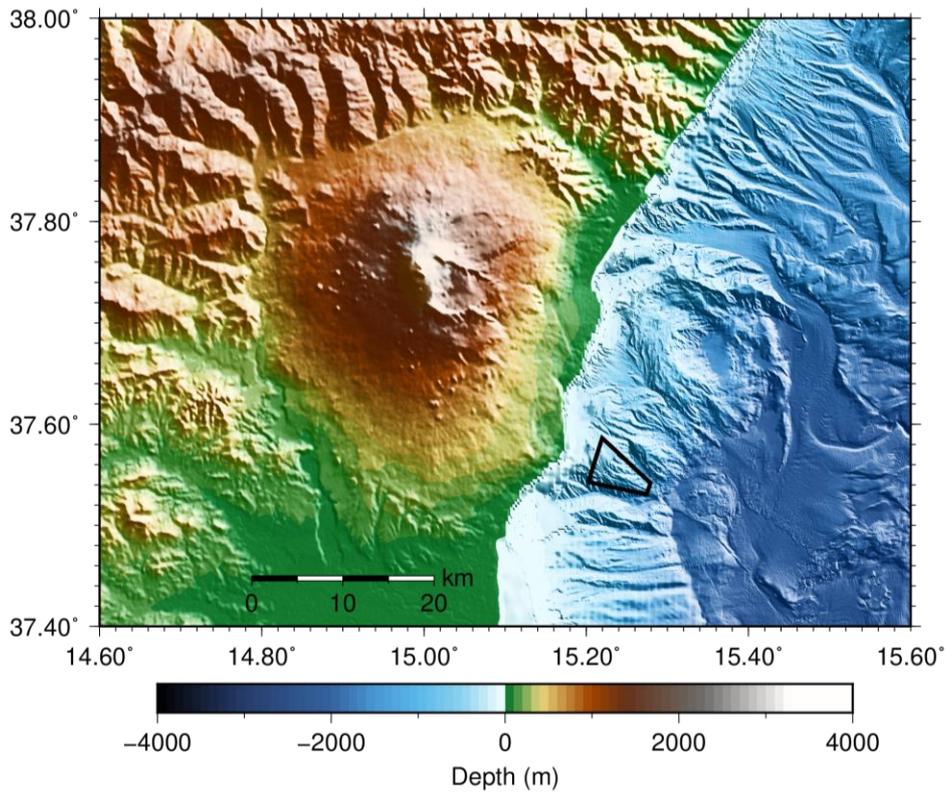


Abb. 1 Geplantes Arbeitsgebiet an der Ostflanke des Ätna vor der sizilianischen Küste.
 Fig. 1 Planned working area at the Eastern flank of Mount Etna offshore of Eastern Sicily.

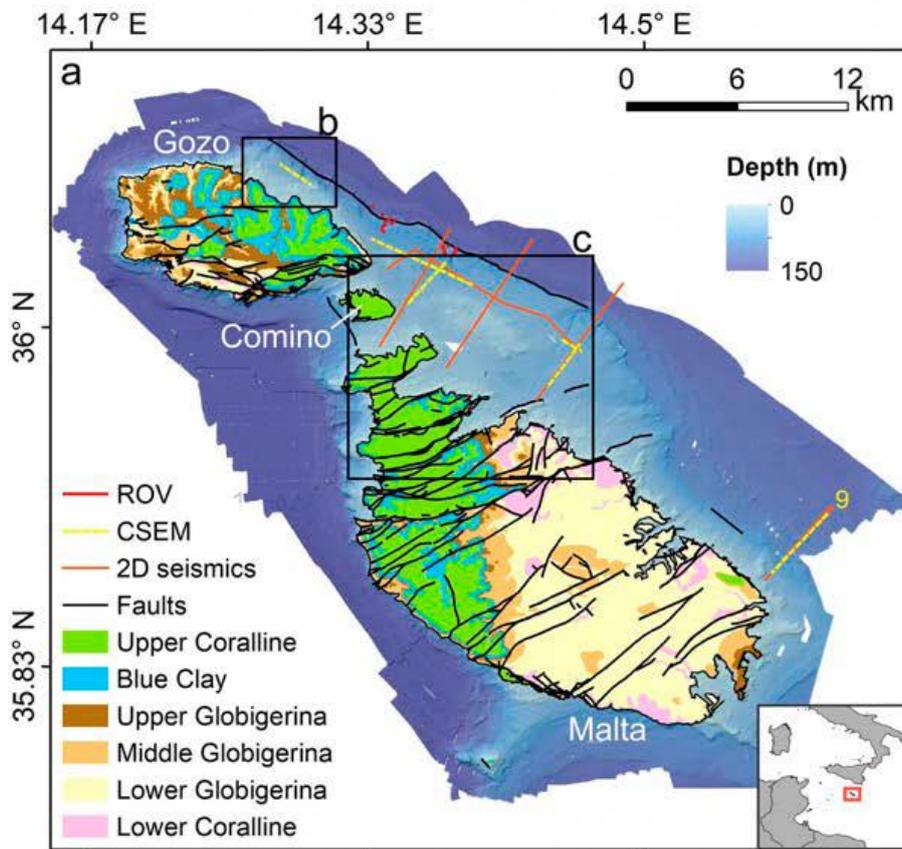


Abb. 2 Geplantes Arbeitsgebiet vor der maltesischen Küste.
 Fig. 2 Planned working offshore Malta.

Arbeitsprogramm

Mt. Ätna

Das Arbeitsgebiet befindet sich etwa 10 nm vor der Ostküste Siziliens in ca. 1200 m Wassertiefe. In einem etwa 2 x 2 nm großen Gebiet werden sechs Ozeanboden-Geodäsiestationen (OBG) am Tiefseedraht auf dem Meeresboden in Line-of-Sight voneinander positioniert. Zusätzlich werden sechs Ozeanbodenseismometer im selben Gebiet abgesetzt. Diese Arbeiten werden von einer hochauflösenden Kartierung mit den bordeigenen Fächerecholoten sowie dem Parasound System begleitet. Gegen Ende der Reise werden mit Hilfe eines akustischen Modems die bereits gemessenen Daten der OBGs runtergeladen.

Offshore Malta

Der zweite Teil der Reise beginnt mit dem Einsatz des P-Kabels und des AUV, gefolgt vom Einsatz des geschleppten CSEM. Die seismische Datenerfassung wird 2D-Linien und einen hochauflösenden 3D-seismischen Würfel umfassen. Anhand des 3D-Würfels sollen Verbindungen von Süßwasserseeps in den distalen Teilen des Shelves mit dem Hauptkörper des Offshore-Aquifers (OA) untersucht werden. Die seismischen 2D-Daten werden mit einem Streamer mit 128 Kanälen und einem aktiven Abschnitt von 192 m mit einem Empfängerschritt von 1,56 m erfasst.

Wir werden 2 GI-Kanonen als seismische Quelle verwenden. Dieses System hat eine typische vertikale und horizontale Auflösung von 6 bzw. 3 m.

Die 3D-seismischen Daten werden mit dem P-Kabelsystem gesammelt. Dieses System besteht aus 16 x 8-Kanal-Streamern, die an einem Querdraht geschleppt werden, der von zwei Paravanen senkrecht zur Dämpfungsrichtung des Schiffes ausgebreitet wird. Die Daten werden während der Erfassung verarbeitet, und am Ende der Messung steht ein verarbeiteter Würfel (einschließlich der Wassergeschwindigkeit Stolt-Migration) zur Interpretation zur Verfügung. Der endgültige Würfel wird die lithologischen Variationen des Untergrundes mit einer Auflösung von

Work Programme

Mt. Etna

The working area locates about 10 nm off the coast of Eastern Sicily in approximately 1200 m water depth. Six Ocean Bottom Geodesy stations (OBG) will be deployed in an 2 x 2 nm wide area on the deep sea cable. All OBGs need to be positioned in line-of-sight of each other. In addition, six Ocean Bottom Seismometer will be deployed. Surveys with the ship's swath bathymetry and Parasound systems will accompany this work. At the end of the research cruise, the ship will return to the OBG network in order to download the recorded data via an acoustic link.

Offshore Malta:

The second part of the cruise will start with the deployment of the P-Cable and AUV, followed by the deployment of the towed CSEM. Seismic data acquisition will include 2D and a high-resolution 3D seismic cube that connects the freshwater seeps in the distal parts with the main offshore aquifer (OA) body. The 2D seismic data will be collected with a 128 channel streamer with a 192 m active section with a receiver increment of 1.56 m.

We will use 2 GI guns as a seismic source. This system has typical a vertical and horizontal resolution of 6 and 3 m, respectively.

The 3D seismic data will be collected with the P-Cable system. This system consists of 16 x 8-channel streamers that are towed on a cross-wire that is spread perpendicular to the vessel's steaming direction by two paravanes. Data processing will be carried out during the acquisition and a processed cube (including water velocity Stolt migration) is available for interpretation by the end of the survey. The final cube will resolve the lithological subsurface variations at 6x3x3 m resolution and forms the structural basis for joint inversion of CSEM and seismic data. While seismic data are insensitive to changes in porewater salinity, they deliver higher resolution information of changes

6x3x3 m auflösen und bildet die strukturelle Grundlage für die gemeinsame Inversion von CSEM- und seismischen Daten. Seismische Daten sind zwar unempfindlich gegenüber Veränderungen des Salzgehalts des Porenwassers, liefern jedoch Informationen über Veränderungen in der Untergrundlithologie mit höherer Auflösung. Diese Daten bilden die Grundlage für die Substitution von Flüssigkeiten.

AUV Einsätze werden an ausgewählten Gebieten durchgeführt, wo ein hohes Potential für Fluid-/Frischwasseraufstieg vorliegt. Der Meeresboden wird hochauflösend fotografiert und ein Fotomosaik erstellt, welches auf Fluidaustrittsstellen hin untersucht wird. Zusätzlich werden bei den AUV-Tauchgängen kontinuierlich Temperatur, Salinität und Nitratkonzentrationen gemessen.

Untersuchungen bezüglich des Volumens und der Ausbreitung von offshore Grundwasservorkommen werden durch aktive elektromagnetische Messungen (CSEM) untersucht. Anhand des aus den elektromagnetischen Daten hergeleiteten Widerstandsmodells können nieder-ohmige, mit Salzwasser gefüllte Gesteinsformationen von höher-ohmigen Süßwasser gefüllten Regionen unterschieden werden. Das zu verwendende System besteht aus einem am Boden geschleppten Array, das mit 1kn geschleppt werden kann. Das System umfasst einen Sender mit einem Dipol, bestehend aus 2 Cop-pro-Elektroden im Abstand von 100 m am vorderen Ende und einer Reihe von vier Empfängern, die in 100 bis 700 m Entfernung vom Senderdipol geschleppt werden. Die CSEM-Daten an jeder Station werden unter Berücksichtigung möglicher Takt drifts auf den Empfängern und unter Verwendung von Stapelungsalgorithmen verarbeitet, um elektromagnetische Transienten für jeden Empfänger zu erhalten. Die Transienten an allen Stationen entlang eines Profils werden dann zur Ableitung von 2D-Modellen der elektrischen Leitfähigkeit des Untergrunds entlang der Profile verwendet, wobei ein neuerer Hauptinversionscode verwendet wird, der aus einem 2D-Frequenzbereich-CSEM-Inversionscode MARE2DEM von Dr. Haroon adaptiert

in subsurface lithology. These data will form the basis for fluid substitution.

AUV will be deployed in specified target areas to record high resolution seafloor images and measure lateral temperature and salinity anomalies in bottom waters above seep structures. Additionally, nitrate anomalies will be determined by onboard sensor measurement.

Volume and extent of the offshore groundwater will be imaged through controlled source electromagnetic (CSEM) data. Derivation of an electrical resistivity model of the seafloor allows us to distinguish between low resistivity, salt water saturated rock formation and higher resistivity fresh water saturated areas. The system to be used consists of a bottom-towed array that can be towed at 1kn. The system includes a transmitter with a dipole, consisting of 2 copper electrodes spaced 100 m apart at the front end and a string of four receivers towed at 100 to 700 m distance from the transmitter dipole. The CSEM data at each station will be processed taking into consideration possible clock drifts on the receivers and using stacking algorithms to obtain electromagnetic transients for each receiver. The transients at all stations along a profile will then be used to derive 2D electrical conductivity models of the subsurface along the profiles using a recent time domain inversion code adapted from a 2D frequency domain CSEM inversion code MARE2DEM by Dr. Haroon.

wurde. Die 2D Daten werden ergänzt durch 3D elektromagnetische Datensätze, welche durch die Platzierung von 12 Ocean Bottom elektromagnetischen Empfängern (OBEMs) auf dem Meeresboden und einer mobilen Quelle mit zwei 10 Meter langen orthogonalen Sendedipolen aufgenommen werden.

Der Wasserprobennehmer/Video-CTD wird dann 1-2 m über dem Meeresboden an den ausgewählten Stellen geschleppt, um die Chemie von austretenden Fluiden zu bestimmen. Zu den am Gerät befindlichen Sensoren gehören präzise ozeanographische Temperatur-, Leitfähigkeits- und Drucksensoren und zusätzliche in-situ-Sensoren wie ein pH, CH₄, CO₂, O₂, Trübe und Nitrat-Sensor. 11x10 LNiskin-Wasserschöpfer werden ausgelöst, wenn die Sensordaten auf Fluidaustritte hinweisen. An Bord werden Wasserproben für spätere Tracer-Studien abgefüllt sowie direkte Radon-Messungen mittels Szintillationsdetektion durchgeführt. Diese Messung kann insbesondere in einer ariden Umgebung wie Malta helfen, wo bodennahe Temperatur- und Salzgehaltsanomalien nicht immer indikativ für untermeerisches Grundwasser sind.

Um die räumlichen Dimensionen möglicher Süßwasserfahnen innerhalb der Wassersäule zu charakterisieren, werden mehrere gezo-gene Video-CTD-Spuren in verschiedenen Wassertiefen über einem Fluidaustritt durchgeführt.

Zusätzlich zur bodennahen Wasserbeprobung werden Sedimentkerne mittels Schwerelot und Frahm Lot gewonnen. Die Kerne werden an Bord, hinsichtlich sedimentologischer und biogeochemischer Parameterbestimmung, beprobt und die Proben für spätere Analysen in den Landlaboren (GEOMAR; TU Darmstadt; EAWAG/ETH Zürich) vorbereitet und verstaut. An Bord werden Chlorid und Alkalität der Porenwässer direkt über Titrationsmessungen bestimmt. Fluidaufstiegsgeschwindigkeiten und die Zusammensetzung unterschiedlicher Ursprungsquellen in einem gemischten Fluid werden modelliert.

The 2D measurements will be augmented by 3D CSEM measurements. The 3D data will be acquired through 12 OBEM receivers placed on the seafloor and a mobile transmitter consisting of two orthogonal 10 m dipoles.

The Water sampler/Video-CTD will then be towed 1-2 m above the seafloor at the selected sites to monitor seeping fluid chemistry. The instrument is equipped with precise oceanographic temperature-, conductivity-, pressure-sensors, and additional in situ sensors (i.e., pH, CH₄, CO₂, O₂, turbidity, and nitrate). Niskin water samplers will be triggered frequently and when sensor data is indicating freshwater seepage. Onboard Rn-szintillation measurements will be performed for localising groundwater seepage sites in an arid environment like Malta, where temperature and salinity are not always indicative.

In order to characterize spatial freshwater plume dimensions within the water column, multiple towed Video-CTD tracks will be performed at various water depths above seepage sites. Measured ADCP data and geochemical tracer distribution will be used to model fluid fluxes from seep sites.

Additionally, sediment corers (Gravity corer, Frahm corer) will be used to recover porewater and sediment from postulated diffusive seep sites indicated by seismic and CSEM data. Porewater alkalinity and chloride will be measured onboard and subsamples for onshore analyses will be stored. Relevant porewater and sediment parameters will be determined in onshore laboratories at GEOMAR, TU Darmstadt and EAWAG/ETH Zurich. Diffusive/advective fluid fluxes within the sediment will be modelled and endmember fluid compositions determined (freshwater/seawater/brine).

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise SO19-2_012**

	Tage/days
Auslaufen von Emden (Deutschland) 14.08.2020 <i>Departure from Emden (Germany) 14.08.2020</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet vor Sizilien / <i>Transit to working area off Sicily</i>	11
Arbeiten vor Sizilien / <i>Work off Sicily</i>	3
Transit zum Arbeitsgebiet off Malta / <i>Transit to working area off Malta</i>	1
Arbeiten vor Malta / <i>Work off Malta</i>	22
Transit zum Arbeitsgebiet off Sicily / <i>Transit to working area off Sicily</i>	1
Arbeiten vor Sizilien / <i>Work off Sicily</i>	2
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	11
Einlaufen in Emden (Deutschland) 03.10.2020 <i>Arrival in Emden (Germany) 03.10.2020</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

DWD

Deutscher Wetterdienst
Seeschiffahrtsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
20359 Hamburg / Germany
Internet: www.dwd.de

Das Forschungsschiff / *Research Vessel SONNE*

Das Forschungsschiff SONNE dient der weltweiten grundlagenbezogenen deutschen Hochsee-Forschung 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 für die laufenden Betriebskosten aufkommt. Der Bau des Schiffes wurde zu 90% durch das BMBF und zu 10% durch die norddeutschen Küstenländer finanziert.

RV SONNE is owned by the Federal Republic of Germany represented by the Ministry of Education and Research (BMBF), which financed 90% of the vessels construction and which is covering the operational costs. The German coastal states contributed 10 % to the construction costs.

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

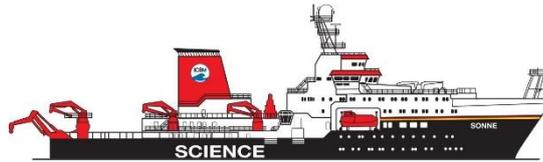
The Review Panel German Research Vessels (GPF) reviews the scientific cruise proposals. GPF-approved Projects are suspect to enter the cruise schedule.

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 Fahrtrleitung partnerschaftlich zusammen, andererseits ist sie Partner der Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

The German Research Fleet Coordination Centre at the University of Hamburg is responsible for the scientific-technical and logistical preparation, 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 Briese 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. SONNE (GPF 19-2_012)

14. 08. 2020 - 03. 10. 2020



OMAX (Offshore Malta Aquifer Exploration) in the Mediterranean Sea

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