

Forschungsschiff

MARIA S. MERIAN

Reise Nr. MSM100

12. 05. 2021 - 09. 06. 2021

GeoBasis-3D

Geophysikalische Untersuchungen zu Barriere Strukturen und deren Integrität im Untergrund der deutschen Nordsee mittels 3D-Seismik

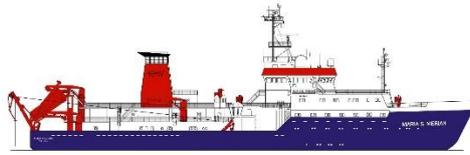
Herausgeber

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 1862-8869



Forschungsschiff / *Research Vessel*

MARIA S. MERIAN

Reise Nr. MSM100 / *Cruise No. MSM100*

12. 05. 2021 - 09. 06. 2021

GeoBasis-3D

**Geophysikalische Untersuchungen zu Barriere Strukturen und deren
Integrität im Untergrund der deutschen Nordsee mittels 3D-Seismik**

GeoBasis-3D

***Geophysical Investigations for Barrier Structures and their Integrity in the
subsurface of the German North Sea by means of 3D-Seismic data***

Herausgeber / *Editor:*

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

Gefördert durch / *Sponsored by:*

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

ISSN 1862-8869

Anschriften / *Addresses*

Dr. Axel Ehrhardt

Marine Seismics
Bundesanstalt für Geowissenschaften und
Rohstoffe (BGR)
Federal Institute for Geosciences and
Natural Resources
Stilleweg 2
D-30655 Hannover

Telefon: +49 511 643-3135
Telefax: +49 511 643-3661
E-Mail: Axel.Ehrhardt@bgr.de

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

Institut für Geologie
Universität Hamburg
Bundesstraße 55
D-20146 Hamburg

Telefon: +49-40-428-38-3640
Telefax: +49-40-428-38-4644
E-Mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de
http: www.ldf.uni-hamburg.de

Reederei Briese

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

Telefon: +49 491 92520 160
Telefax: +49 491 92520 169
E-Mail: research@briese.de
http: <http://www.briese.de/>

GPF-Geschäftsstelle

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

E-Mail: gpf@dfg.de

Forschungsschiff / *Research Vessel* MARIA S. MERIAN

Vessel's general email address

merian@merian.briese-research.de

Crew's direct email address

n.name@merian.briese-research.de

Scientific general email address

chiefscientist@merian.briese-research.de

Scientific direct email address

n.name@merian.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@merian.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

+49 491 91979023

FBB 500 (Backup)

+870 773 929 863

GSM-mobile (in port only)

+49 171 697 543 3

MERIAN Reisen / *MERIAN Cruises* MSM100

12. 05. 2021 - 09. 06. 2021

**GeoBasis-3D - Geophysikalische Untersuchungen zu Barriere Strukturen
und deren Integrität im Untergrund der deutschen Nordsee mittels 3D-
Seismik**

*GeoBasis-3D - Geophysical Investigations for Barrier Structures and their
Integrity in the subsurface of the German North Sea by means of 3D-Seismic
data*

Fahrt / Cruise MSM100

12.05.2021 - 09.06.2021

Emden (Germany) – Emden (Germany)

Fahrtleitung / *Chief Scientist:*

Dr. Axel Ehrhardt

Koordination / *Coordination*

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
German Research Fleet Coordination Centre

Kapitän / *Master* MERIAN

Björn Maaß

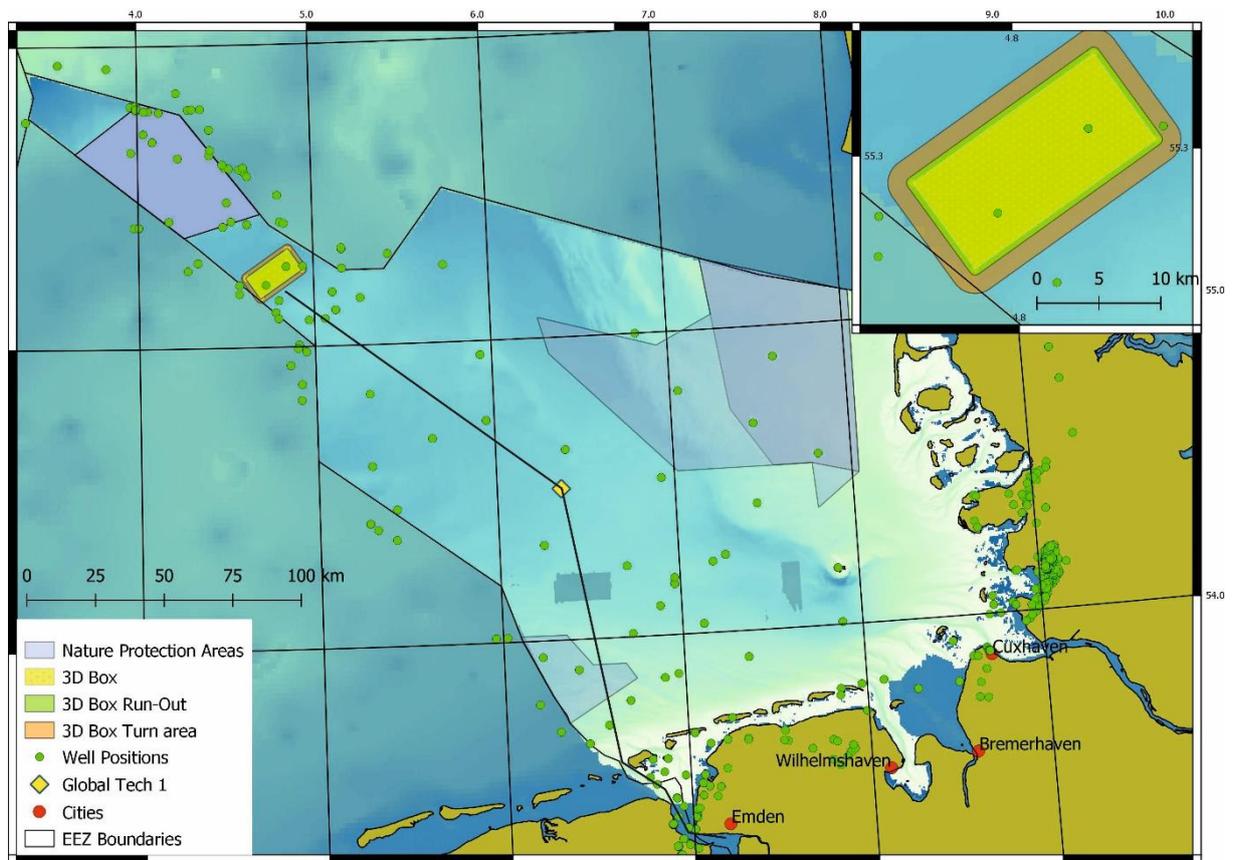


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete (3D Box) der MERIAN Expedition MSM100

Fig. 1 Planned cruise tracks and working area (3D box) of MERIAN cruise MSM100

Übersicht

Im Rahmen der Nutzung erneuerbarer Energie ist die Integrität von Barrierehorizonten für die Nutzung unterirdischer Reservoirs von enormer Bedeutung, z.B. für CO₂ im Rahmen von CCS (Carbon Capture and Storage) oder synthetische Gase (Power2Gas).

Die zentrale Fragestellung dieser Forschungsfahrt zielt auf die Untersuchung der Barriereintegrität wichtiger känozoischer Tonformationen in der Deutschen Nordsee.

Ist die Barriereintegrität beeinflusst oder gestört, sei es durch Altbohrungen oder durch natürlich entstandene Migrationswege, können Fluide in die Nordsee entweichen.

Daher ist ein weiteres Ziel dieses Vorhabens die Untersuchung von Fluidleckagen durch die Barriereformation. Für diese Fragestellungen wollen wir zum ersten Mal hochauflösende 3D Mehrkanalseismik und Ozeanbodenseismometer anwenden, um die känozoischen Sedimente und Störungssysteme im Detail auflösen und interpretieren zu können und, um sie in ein geologisches 3D Modell überführen zu können.

Der hochauflösende Messansatz ermöglicht es, Störungssysteme und Strukturen abzubilden, die bislang im „sub-seismischen“ Bereich postuliert worden sind. Der Datensatz überdeckt gestörte und ungestörte Sedimente sowie Bereiche mit bekannten Fluidleckagen.

Das Ergebnis dieser Studie wird das eingehende Verständnis der verschiedenen känozoischen Störungssysteme, ihrer genetischen Beziehung und ihrer gegenseitigen Kommunikation sein. Eine solche Studie über diese „seal bypass-Systeme“ gibt es bislang für die deutsche Nordsee nicht.

Synopsis

Within the transition to renewable energy, the integrity of barriers and seals in the deep underground becomes increasingly important for storage purposes, e.g. for CO₂ in the framework of CCS (carbon capture and storage) or for synthetic energy gases (Power2Gas).

The tasks of this proposal are exemplary studies on the integrity of barrier formations of Cenozoic shale layers in the German North Sea.

If the barrier formation is not closed, either because of abandoned drill holes or along natural pathways it enables discharge of fluids into the North Sea.

Thus, the second topic is the understanding of migration of fluids along pathways through seal formations. For the first time we will use high resolution multi-channel seismic 3D and OBS (ocean bottom seismometer) data i) to image the Cenozoic sediments in detail, ii) in order to identify and interpret the fault systems that may enable fluid migration to the surface and iii) to transfer the interpretation into a 3D geological model.

By means of the high resolution data we will image fault systems that were previously postulated in the “sub-seismic” domain. The data will cover different fault systems, seeps, and undisturbed strata in close proximity.

The outcome of this study will be a profound understanding of fault systems and structures in the Cenozoic sediments like polygonal-, crestal- or step faults as well as tunnel valleys and especially how they communicate. Such a study on potential seal bypass systems is missing so far in the German North Sea.

Wissenschaftliches Programm

Das hochauflösende 3D-seismische Messgebiet befindet sich im Südosten des Entenschnabels in der deutschen AWZ (ausschließlichen Wirtschaftszone, siehe Abb. 1) im Bereich des Salzdiapirs "Belinda" und umfasst eine Fläche von 18 x 8,6 km (ca. 150 km²).

Dieses Untersuchungsgebiet ist ideal, weil es a) ein aktives Seal-Bypass-System aufweist. Somit ist es naheliegend, dass die entsprechenden Verwerfungen und Merkmale vorhanden sind, die wir abbilden wollen. b) Weiterhin durchquert ein „Tunnel-Valley“ das vorgesehene Messgebiet, so dass der Kontakt zwischen Tunnelvalleys und Staffelstörungen analysiert werden kann, die sich möglicherweise auf die Integrität von Barriereformationen wie den Rupelton auswirken. c) Die Stratigraphie ist aufgrund eigener Vorarbeiten gut bekannt. d) Dieses Messgebiet kreuzt nicht die Hauptverkehrswege in der Deutschen Bucht und es befindet sich auch nicht in der Nähe von Windpark-Baustellen, die die Daten wahrscheinlich durch Lärm verrauschen würden, und es liegt weit außerhalb von Naturschutzgebieten.

Um die Hauptaufgaben dieses Vorhabens, nämlich die Barriereintegrität von känozoischen Schieferschichten und das Verständnis von Migrationspfaden mittels hochauflösender 3D-seismischer Daten zu lösen, haben wir folgende Ziele erarbeitet:

1. Klassifizierung der känozoischen Barrierenabfolgen in Mächtigkeit, Ausdehnung und Kontinuität als potentielle Dichtungsformationen.
2. Identifizierung und Charakterisierung vorhandener Fluidmigrationspfade und Seal-Bypass-Systeme.

Scientific Programme

The 3D multichannel high resolution survey area is located in the SE of the Entenschnabel in the German EEZ (exclusive economic zone, see Fig. 1) in the surrounding of the salt diapir "Belinda" and covers an area of 18 x 8,6 km (approx. 150 km²).

This survey area is ideal because it shows a) an active seal bypass system. Thus it is reasonable that the appropriate faults and features exist that we want to image. b) Further a tunnel valley crosses the intended survey area so that the contact between tunnel valleys and step faults can be analysed which potentially impact the integrity of barrier formations like the Rupel clay. c) The stratigraphy is well known due to own preliminary work. d) This survey area is not crossing the main traffic routes in the German Bay and it is further not in the vicinity of any wind farm construction site which probably would bias the data with noise and it is well outside of natural protection zones.

We worked out the following objectives to answer the main tasks of this proposal i.e. the barrier integrity of Cenozoic shale layers and the understanding of migration pathways by means of high-resolution multichannel 3D-seismic data:

1. *Classify Cenozoic barrier sequences in thickness, extent and continuity as potential seal formations.*
2. *Identify and characterize present fluid migration pathways and seal bypass systems.*

3. Charakterisierung von polygonalen Störungssystemen in Bezug auf ihre Entstehung und gegenseitige Beeinflussung mit den umgebenden Strukturen.
 4. Charakterisierung der rezenten Aktivität des identifizierten Seal-Bypass-Systems, z.B. Gasverkohlung und Gasmigration durch seismische Fazies.
 5. Quantifizierung der quartären Halotektonik und deren Einfluss auf die Tunnelvalley-Entwicklung.
3. *Characterize polygonal faults systems in terms of their formation and mutual influence to surrounding structures.*
 4. *Characterize the recent activity of the identified seal bypass system, e.g. gas charging and gas migration by seismic facies*
 5. *Quantify Quaternary halotectonic and its impact on tunnel valley evolution*

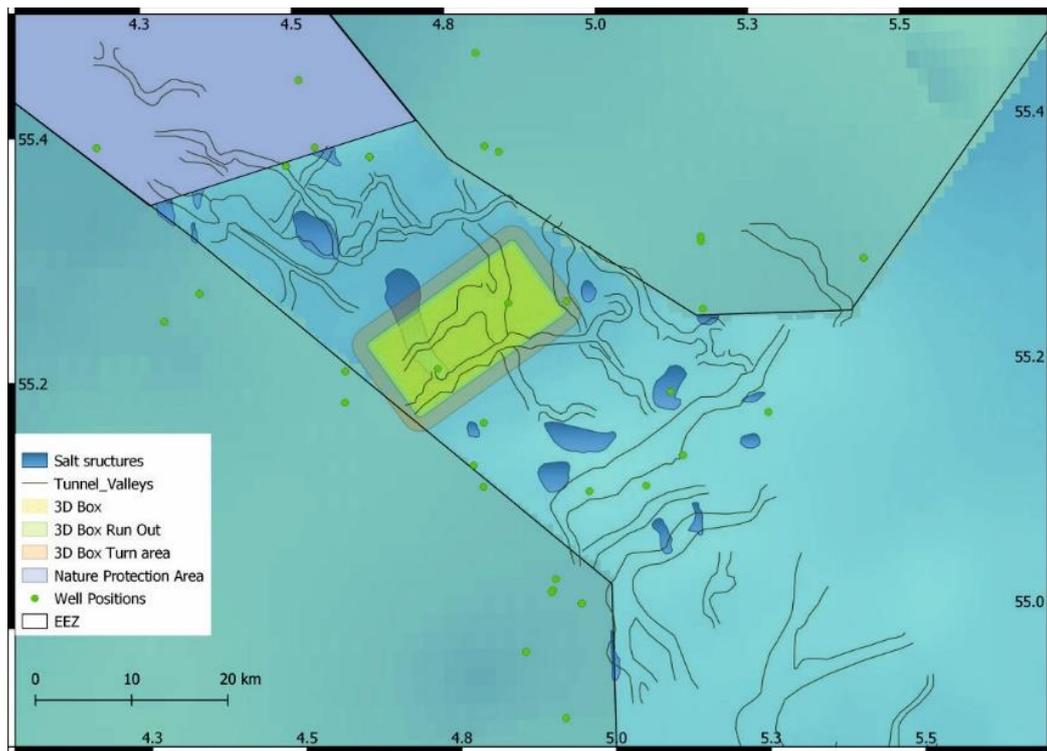
Wir werden jedes dieser Ziele mit Hilfe modernster hochauflösender 3D-Mehrkanalseismikdaten angehen, die eine hochdetaillierte geologische Interpretation der Barrieresequenz sowie der Fluidmigrationspfade und eine anschließende Erstellung eines geologischen 3D-Modells ermöglichen. Während frühere Studien hauptsächlich auf prozessierten seismischen Daten basierten, die von der Industrie zur Verfügung gestellt wurden, gibt uns die vorgeschlagene 3D-Untersuchung zum ersten Mal die Möglichkeit, die gesamte Palette der seismischen Faziesanalyse anzuwenden, um (petrophysikalische) Parameter wie p-Wellengeschwindigkeit, Dichte, Porosität und Flüssigkeitssättigung zu bestimmen.

We will address each of these objectives by state of the art 3D high resolution multi-channel seismic data, allowing a high detailed geological interpretation of the barrier sequence as well as fluid migration pathways and a subsequent creation of a geologic 3D model. While previous studies were mainly based on processed seismic data provided by the industry the proposed 3D survey will give us for the first time the opportunity to apply the full set of seismic facies analysis to quantify (petrophysical) parameters like p-wave velocity, density, porosity, and fluid saturation.

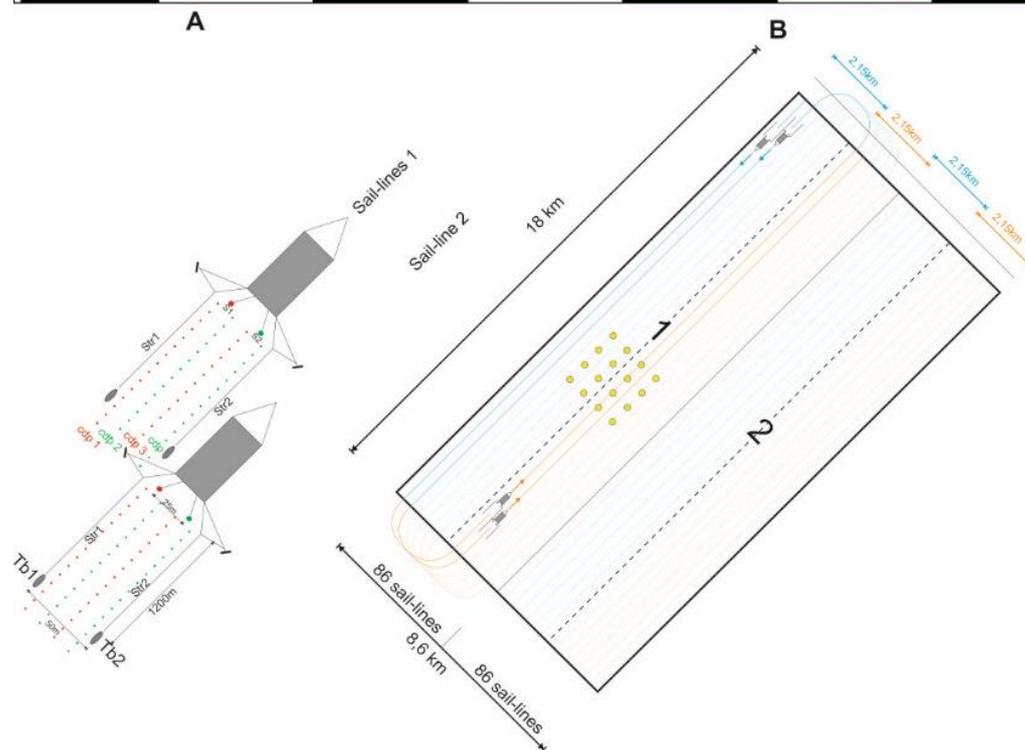
Dies ermöglicht die Quantifizierung von physikalischen, tektonischen und geochemischen Erdparametern und die Modellierung während der Auswertephase. In Kombination mit modernsten Imaging-Methoden (z.B. 3D-SRME und 3D-Prestack-Migration) werden wir hoch innovative und fortschrittliche Techniken auf die 3D-Daten anwenden, um die Bildgebung zu unterstützen und zu verbessern.

This will allow for quantifying physical, tectonic and geochemical earth parameters and enable modelling during the post-cruise phase. In combination with state of the art imaging techniques (e.g. 3D-SRME and 3D-prestack migration) we will apply highly innovative and progressive techniques to the 3D data in order to support and improve the imaging.

6. Datenvorkonditionierung, insbesondere Interpolation der 3D-Daten auf kleinere Abstände zwischen benachbarten Spuren (3D-Prestackdatenverbesserung), Datenregularisierung und -aggregation, Interpolation von nahen Offset-Spuren für SRME
 7. Diffraktionsimaging und Geschwindigkeitsanalyse, Geschwindigkeitsmodellbildung mit Wellenfrontfokussierung von Reflexionen und Diffraktionen für Reverse-Time-Migration.
6. *Data preconditioning, especially interpolation of the 3D data to smaller distances between adjacent traces 3-D pre-stack data enhancement, data regularization and aggregation, interpolation of near offset trace for SRME.*
 7. *Diffraction based imaging and velocity determination, velocity model building with wavefront focusing of reflections and diffractions for reverse time migration.*



A



B

Abb. 2: Oben: Das Arbeitsgebiet mit Kartierung der geologischen Strukturen.
Unten: Skizze des Survey Layouts („Racetrack-Patterns“), das zur Akquisition angewandt wird.

Fig. 2: Top frame: Survey area with geological structures.
Bottom frame: Sketch of the survey layout (race track patterns) which will be used for the acquisition.

Arbeitsprogramm

Der 3D-seismische Datensatz wird mit zwei 1050 m langen Messkabeln mit je 168 Hydrophonen (Kanalabstand 6,25 m) und mit 2 alternierend getriggerten Luftpulserclustern aus je 2 GI Guns vermessen.

Parallel zur Datenaufnahme mit den Messkabeln werden mit einem Array aus 12 Ozeanbodenseismometern (OBS) im Bereich des Salzstocks Daten aufgezeichnet.

Dazu werden 2 sogenannte „race-track patterns“ (siehe Abb. 2) mit einem Linienabstand von 50 m und insgesamt 100 Linien abgefahren.

Darüber hinaus werden gravimetrische und hydroakustische Daten akquiriert.

Work Programme

The 3D seismic data set will be acquired with two 1050 m long streamer cables with 168 hydrophones each (channel spacing 6.25 m) and with 2 alternating triggered air pulse clusters of 2 GI guns each.

Parallel to the data acquisition with the streamer cables, data over the salt-diapir are recorded with an array of 12 ocean bore seismometers (OBS).

For this purpose 2 so-called "race-track patterns" (see Fig. 2) with a line spacing of 50 m and a total of 100 lines are run.

In addition, gravimetric and hydroacoustic data will be acquired.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise MSM100**

	Tage/days
Auslaufen von Emden (Deutschland) am 12.05.2021 <i>Departure from Emden (Germany) 12.05.2021</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	1
Aufbau/Abbau des Equipments an Bord <i>Mobilization/Demob of the equipment on board</i>	2
Ausbringen/Einholen des 3D Equipments in See <i>Deployment/Retrieve of the 3D out-board equipment</i>	2
Ausbringen/Einholen der OBS <i>Deployment/Retrieve of the OBS</i>	2
3D seismische Datenakquisition <i>3D seismic data acquisition</i>	21
Transit zum Hafen <i>Transit to port</i>	1
	Total 29
Einlaufen in Hafen (Emden/Deutschland) am 09.06.2021 <i>Arrival in Port (Emden/Germany) 09.06.2021</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Stilleweg 2
D-30655 Hannover

Institut für Geophysik
Universität Hamburg
Bundesstraße 55
D-20146 Hamburg

Fachbereich Geowissenschaften
Universität Bremen
GEO Gebäude / Raumnr. 4460
Klagenfurter Straße
D-28359 Bremen

Das Forschungsschiff / *Research Vessel MARIA S. MERIAN*

Das Eisrandforschungsschiff „MARIA S. MERIAN“ dient der weltweiten, grundlagenbezogenen Hochseeforschung Deutschlands und der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf diesem Gebiet.

FS „MARIA S. MERIAN“ ist Eigentum des Landes Mecklenburg-Vorpommern, vertreten durch das Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur. Der Bau des Schiffes wurde durch die Küstenländer Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein sowie das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert.

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 Gutachterpanel 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 polar-margin research vessel „MARIA S. MERIAN“ is used for the German, world-wide marine scientific research and the cooperation with other nations in this field.

R/V „MARIA S. MERIAN“ is owned by the Federal State of Mecklenburg-Vorpommern, represented by the Ministry of Education, Science and Culture. The construction of the vessel was financed by the Federal States of Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern and Schleswig-Holstein as well as by the Ministry of Education and Research (BMBF).

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 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

MARIA S. MERIAN

Cruise No. MSM100

12. 05. 2021 - 09. 06. 2021

GeoBasis-3D

Geophysical Investigations for Barrier Structures and their Integrity in the subsurface of the German North Sea by means of 3D-Seismic data

Editor:

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

Sponsored by:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

ISSN 1862-8869