

**Forschungsschiff**

# **METEOR**

**Reise Nr. M177 (GPF 21-2\_040)**

**23.10.2021 - 18.11.2021**



**Geophysikalische Untersuchung des paläozoischen Grundgebirges in der  
Gotland-Senke und ihren Randgebieten: Tektonik und Riffe, Austritt von  
Kohlenwasserstofflüssigkeit und CO<sub>2</sub>-Speicherpotenzial  
(PaGoDe)**

Herausgeber:

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

Gefördert durch:

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

ISSN 0935-9974



**Forschungsschiff / *Research Vessel***

# **METEOR**

**Reise Nr. / *Cruise No.* M177 (GPF 21-2\_040)**

**23.10.2021 - 18.11.2021**



**Geophysikalische Untersuchung des paläozoischen Grundgebirges in der  
Gotland-Senke und ihren Randgebieten: Tektonik und Riffe, Austritt von  
Kohlenwasserstoffflüssigkeit und CO<sub>2</sub>-Speicherpotenzial  
(PaGoDe)**

*Geophysical investigation of the Paleozoic basement in the Gotland Depression  
and its margins: Tectonics and Reefs, Hydrocarbon fluid escape and CO<sub>2</sub>  
storage potential  
(PaGoDe)*

Herausgeber / *Editor:*

Institut 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 0935-9974

---

## Anschriften / *Addresses*

---

**Prof. Dr. Christian Hübscher**

CEN - Centrum für Erdsystemforschung  
und Nachhaltigkeit  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 42838-5184  
Telefax: +49 40 42838-5441  
E-Mail: christian.huebscher@uni-  
hamburg.de

**Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe**

Institut für Geologie  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 42838-3640  
Telefax: +49 40 4273-100063  
E-Mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de  
http: [www.ldf.uni-hamburg.de](http://www.ldf.uni-hamburg.de)

**Reederei Briese**

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

Telefon: +49 491 92520-160  
Telefax: +49 491 9252-169  
E-Mail: [research@briese.de](mailto:research@briese.de)  
http: [www.briese.de](http://www.briese.de)

**GPF-Geschäftsstelle**

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

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

---

## Forschungsschiff / *Research Vessel* METEOR

---

Vessel's general email address

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

Crew's direct email address

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

Scientific general email address

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

Scientific direct email address

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

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

Günther Tietjen, for example, will receive the address:

[g.tietjen@meteor.briese-research.de](mailto:g.tietjen@meteor.briese-research.de)

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

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

Phone Bridge

VSAT

+49 421 98504370

FBB 500 (Backup)

+49 421 98504 371

GSM-mobile (in port only)

+49 172 420 079 2

---

## METEOR Reise / *Cruise M177*

---

23.10.2021 - 18.11.2021

**Geophysikalische Untersuchung des paläozoischen Grundgebirges in der Gotland-Senke  
und ihren Randgebieten: Tektonik und Riffe, Austritt von Kohlenwasserstoffflüssigkeit  
und CO<sub>2</sub>-Speicherpotenzial**

**(PaGoDe)**

*Geophysical investigation of the Paleozoic basement in the Gotland Depression and its  
margins: Tectonics and Reefs, Hydrocarbon fluid escape and CO<sub>2</sub> storage potential  
(PaGoDe)*

**Fahrt / *Cruise M177***

23.10.2021 - 18.11.2021

Emden (Deutschland) - Emden (Deutschland)

Fahrtleitung / *Chief Scientist:*

Prof. Dr. Christian Hübscher

**Koordination / *Coordination***

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe  
*German Research Fleet Coordination Centre*

**Kapitän / *Master METEOR***

Rainer Hammacher

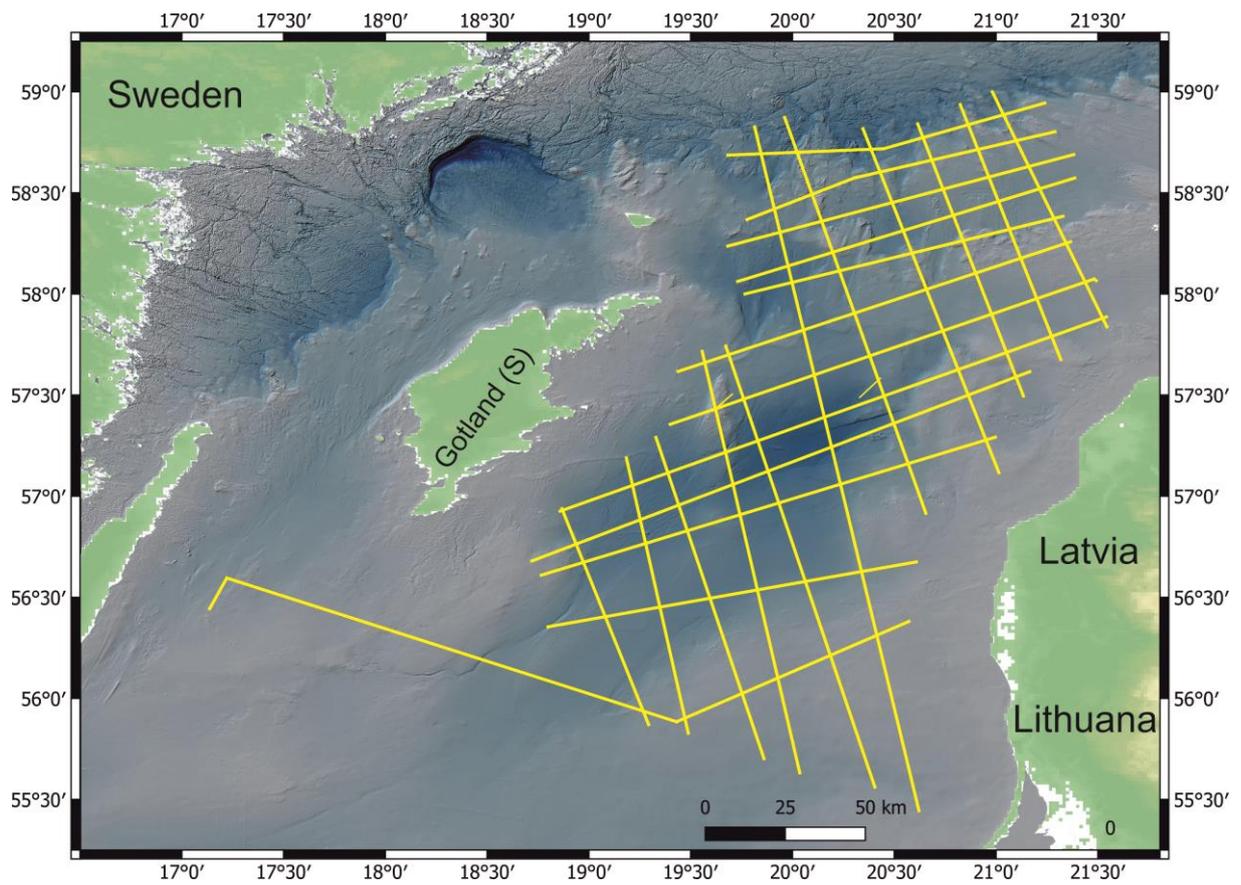


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der METEOR Expeditionen M177.

Fig. 1 Planned cruise tracks and working areas of METEOR cruises M177.

## Übersicht

Die primären Ziele des PaGoDe-Projekts sind geophysikalische Untersuchungen (1) der Fluidmigration, der Versiegelung und des Bypasssystems für Kohlenwasserstoffe und CO<sub>2</sub> anhand von seismischen Reflexionsdaten und (2) zur Verfeinerung des seismostratigraphischen Rahmens für die Entwicklungen der silurischen karbonatdominierten Randablagerungen und Barriereriffe. Ein sekundäres Ziel ist es, die Bathymetrie und Morphogenese des Untersuchungsgebietes (3) zu untersuchen.

Thema 1: Eine kürzlich durchgeführte Studie lieferte überzeugende Hinweise, dass Kohlenwasserstoffe von den unter Lettland gelegenen Reservoiren zur Gotland-Senke migrierten, wo diese durch glaziale Ablagerungen versiegelt oder aus dem Meeresboden austreten, wobei es zu Meeresverschmutzung kommt.

Außerdem untersuchen Schweden und die baltischen Staaten im BASTOR-Projekt das Potenzial der kambrischen Sandsteine im zentralen Ostseeraum für Carbon Capture and Storage.

Ziel ist die Sicherstellung der CO<sub>2</sub>-Speicherung in stratigraphischen Fallen oder strukturellen Verschlüssen. Geophysikalische Profile zur Verifizierung, die nationale Grenzen überschreiten, fehlen jedoch noch. Notwendige geochemische Analysen müssen in Folgeprojekten durchgeführt werden.

Thema 2: Frühere Studien machten vor allem relative Meeresspiegeländerungen als Hauptsteuerungsfaktor für die Entwicklung der silurischen Riffe verantwortlich. Neuere Studien aus anderen Regionen haben jedoch gezeigt, dass z.B. Strömungen die Stratigraphie der Karbonatplattformen steuern können.

## Synopsis

*Primary objectives of the PaGoDe-project are geophysical investigations (1) to study the fluid migration, sealing and bypass system for hydrocarbons and CO<sub>2</sub> by seismic reflection data, and (2) to refine the seismostratigraphic framework for the evolutions of Silurian carbonate-dominated marginal deposits and barrier reefs. A secondary objective is to investigate the bathymetry and morphogenesis of the study area regarding the discrimination between glacial erosion, glacial deposits and tectonics.*

*Topic 1: A recent study provided compelling evidence that hydrocarbon fluids migrated north-westwards from reservoirs located beneath Latvia towards the Gotland Depression, where the fluids are partly sealed by glaciogenic deposits and partly blowout at the seabed causing marine pollution.*

*Further, under the umbrella of the BASTOR project, Sweden and the Baltic states investigate the potential of Cambrian sandstones in the central Baltic region for Carbon Capture and Storage to ensure CO<sub>2</sub> storage in stratigraphic traps or structural closures.*

*However, ground-truthing geophysical profiles that cross national boundaries are lacking yet. Necessary geochemical analyses must be carried out in follow-up projects.*

*Topic 2: Previous studies accounted mainly relative sea-level changes as main control factor for the development of Silurian reefs. Recent studies elsewhere, however, showed how the oceanographic setting, especially currents, influences carbonate platform stratigraphy.*

Mit Thema 3 werden wir verschiedene Aspekte der glazialen Prozesse des Quartärs behandeln. Glaziale Erosion schuf Kolke und ein schichtstufenartiges Grundgebirgsrelief, glaziogene Ablagerungen aus Moränen und Drumlins. Beides kann auftauchende Störungsflächen simulieren. Die Unterscheidung zwischen Erosion, Deposition und tektonischen Merkmalen allein durch die Topographie ist nicht offensichtlich. Es werden hochauflösende seismische Daten benötigt.

*With Topic 3 we will address various aspects of Quaternary glacial processes. Glacial erosion created scours and a cuesta type bedrock relief, glaciogenic deposits from moraines and drumlins, and both may simulate outcropping fault planes. The discrimination between erosional, depositional and tectonic features by the topography only is far from obvious. High-resolution seismic images are needed as shown by previous studies*

### **Wissenschaftliches Programm**

Das allgemeine Ziel des PaGoDe-Projekts ist es, das Verständnis für die verschiedenen Erdprozesse zu verbessern, die die Gotland-Depression und die angrenzenden Gebiete geformt haben.

Der aktuelle Wissensstand basiert auf alten seismischen Daten aus dem schwedischen Sektor und analoger Einkanalseismik aus dem Siluraufschluss. Eine systematische geophysikalische Kartierung in den einzelnen Hoheitsgewässern wurde bisher nicht durchgeführt.

Die Hauptziele der geplanten seismischen Reflexionsmessungen in der zentralen Ostsee sind...

1. die Untersuchung der Fluidmigration, der Abdichtung und des Bypasssystems für Kohlenwasserstoffe und CO<sub>2</sub> mit Hilfe seismischer Reflexionsdaten;

2. und die Verfeinerung des seismisch-stratigraphischen Rahmens für die Entwicklung der silurischen, von Karbonat dominierten Randablagerungen und Barriereriffe.

Ein sekundäres Ziel ist:

3. die Untersuchung der Bathymetrie und Morphogenese des Untersuchungsgebiets durch Unterscheidung zwischen glazialer Erosion, glazialen Ablagerungen und tektonischen Prozessen.

### ***Scientific Programme***

*The general aim of the PaGoDe-project is to increase the understanding of the various earth processes that formed the Gotland Depression and adjacent areas.*

*The state-of-the-art knowledge is based on vintage seismic data from the Swedish sector and single-channel analog seismics from the Silurian outcrop. A systematic geophysical mapping across the severe territorial waters has not been carried out yet.*

*The primary objectives of the planned seismic-reflection survey in the central Baltic Sea are...*

*1. to study the fluid migration, sealing and bypass system for hydrocarbons and CO<sub>2</sub> by seismic reflection data;*

*2. and to refine the seismo-stratigraphic framework for the evolutions of Silurian carbonate-dominated marginal deposits and barrier reefs.*

*A secondary objective is*

*3. to investigate the bathymetry and morphogenesis of the study area by discriminating between glacial erosion, glacial deposits and tectonics.*

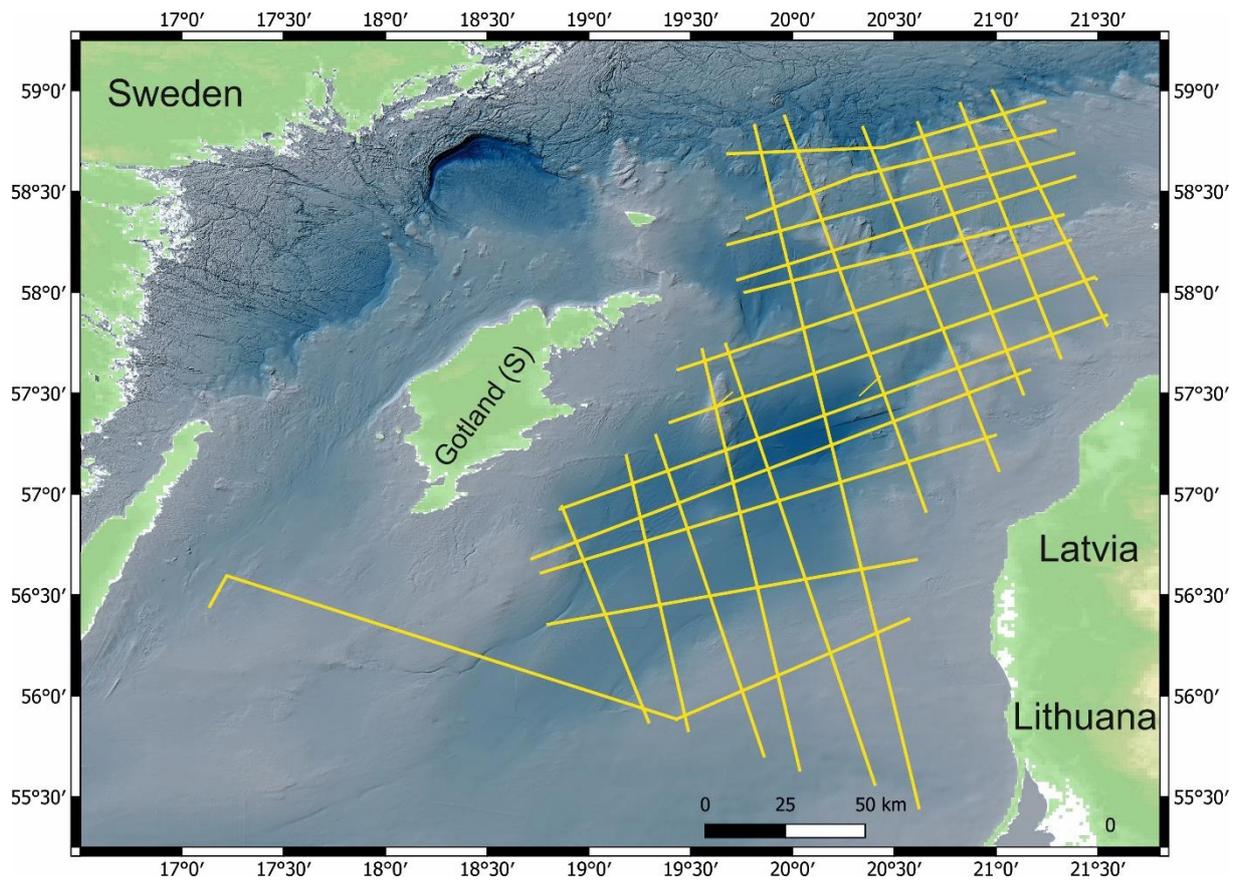


Abb. 2 Das Arbeitsgebiet der Expedition M177.

Fig. 2 The working area of cruise M177.

## Arbeitsprogramm

Die hier vorgeschlagenen seismischen Linien sind in Abb. 2 als gelbe Linien dargestellt. Die südlichen Linien über dem Devon und dem Saldus-Liepaja-Rücken kreuzen mehrere potenzielle Verschlüsse und saline Aquifere, die das Potenzial für die CCS-Speicherung haben. Alle Profile über den Aufschlüssen des Silur und des nördlichen Devon werden die Karbonatlagerstätten abbilden. Wie bereits erläutert, weist das gesamte Silur Karbonatvorkommen auf. Die Profile durch und entlang des Randes der Gotland-Senke werden Aufschluss über die Beschaffenheit des Gotland-Tiefs geben. Die nördlichen Linien werden Aufschlüsse der paläozoischen Schichten abbilden und zeigen, ob die hier interpretierten Verwerfungen real sind oder ob es sich um Abbildungsartefakte durch Erosions- oder Ablagerungen glazialer Sedimente handelt.

Weiter nach Norden zu gehen, macht keinen Sinn, da die seismische Energie das präkambrische Grundgebirge nicht durchdringen wird. Die geophysikalischen Profile haben eine Gesamtlänge von ca. 2200 nm (inkl. Kurven). Wir werden gleichzeitig Parasound-, Fächercholot- (EM710, nicht auf schwedischem Gebiet), seismische Reflexions- und Schwerefelddaten sammeln.

## Work Programme

*The here proposed seismic lines are shown as yellow lines in Fig. 2. The southern lines above the Devonian and Saldus Liepaja Ridge cross several potential closures and saline aquifers, which have the potential for CCS storage. All lines above the Silurian and northern Devonian outcrops will image the carbonate deposits. As explained earlier, the entire Silurian reveals carbonate deposits. The lines through and along the rim of the Gotland depression will elucidate the nature of the Gotland Deep. The northern lines will image the pinch-out of Paleozoic strata and will show, whether the here interpreted faults are real, or whether they are erosional or depositional features. Going further north makes no sense, since the seismic energy will not penetrate the Pre-Cambrian basement.*

*The geophysical profiles have a total length of ca. 2200 nm (incl. turns). We will collect Parasound, multibeam (EM710, not in Swedish territory), seismic reflection and gravity data simultaneously.*

	Tage/days
Auslaufen von Emden (Deutschland) am 23.10.2021 <i>Departure from Emden (Germany) 23.10.2021</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	2.5
Geophysikalische Profilmfahrten <i>Geophysical profiling</i>	21
Transit zum Hafen Emden <i>Transit to port Emden</i>	2.5
	Total 26
Einlaufen in Emden (Deutschland) am 18.11.2021 <i>Arrival in Emden (Germany) 18.11.2021</i>	

---

## *Bordwetterwarte / Ship's meteorological Station*

---

### **Operationelles Programm**

Die Bordwetterwarte ist mit einem Meteorologen und einem Wetterfunktechniker des Deutschen Wetterdienstes (DWD Hamburg) besetzt.

#### Aufgaben

##### *1. Beratungen.*

Meteorologische Beratung von Fahrt- und Schiffsleitung sowie der wissenschaftlichen Gruppen und Fahrtteilnehmer. Auf Anforderung auch Berichte für andere Fahrzeuge, insbesondere im Rahmen internationaler Zusammenarbeit.

##### *2. Meteorologische Beobachtungen und Messungen.*

Kontinuierliche Messung, Aufbereitung und Archivierung meteorologischer Daten und Bereitstellung für die Fahrtteilnehmer. Aufnahme, Auswertung und Archivierung von meteorologischen Satellitenbildern.

Täglich sechs bis acht Wetterbeobachtungen zu den synoptischen Terminen und deren Weitergabe in das internationale Datennetz der Weltorganisation für Meteorologie (GTS, Global Telecommunication System).

Durchführung von Radiosondenaufstiegen zur Bestimmung der vertikalen Profile von Temperatur, Feuchte und Wind bis zu etwa 25 km Höhe. Im Rahmen des internationalen Programms ASAP (Automated Shipborne Aerological) werden die ausgewerteten Daten über Satellit in das GTS eingesteuert.

### **Operational Program**

*The ships meteorological station is staffed by a meteorologist and a meteorological radio operator of the Deutscher Wetterdienst (DWD Hamburg).*

#### Duties:

##### *1. Weather consultation.*

*Issuing daily weather forecasts for scientific and nautical management and for scientific groups. On request weather forecasts to other research craft, especially in the frame of international cooperation.*

##### *2. Meteorological observations and measurements.*

*Continuous measuring, processing, and archiving of meteorological data to make them available to participants of the cruise. Recording, processing, and storing of pictures from meteorological satellites.*

*Six to eight synoptic weather observations daily. Feeding these into the GTS (Global Telecommunication System) of the WMO (World Meteorological Organization) via satellite.*

*Rawinsonde soundings of the atmosphere up to about 25 km height. The processed data are inserted into the GTS via satellite within the frame of the international programme ASAP (Automated Shipborne Aerological Programme).*

---

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

---

### **DWD**

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

### **IFG / CEN / UHH**

Institut für Geophysik  
Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit  
University of Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

### **IFGeol / CEN / UHH**

Institut für Geologie  
Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit  
University of Hamburg  
Bundesstraße 55  
D-20146 Hamburg

---

## Das Forschungsschiff / *Research Vessel METEOR*

---

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

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

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

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

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.

*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.*

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

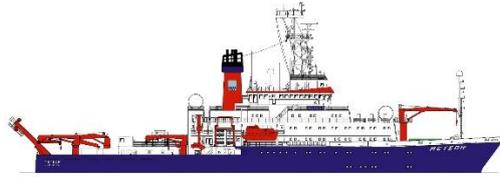
*The Review Panel German Research Vessels (GPF) reviews the scientific cruise proposals. GPF-approved projects are suspect to enter the cruise schedule.*

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

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

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

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



*Research Vessel*

# METEOR

*Cruise No. M177 (GPF 21-2\_040)*

**23.10.2021 - 18.11.2021**



*Geophysical investigation of the Paleozoic basement in the Gotland Depression  
and its margins: Tectonics and Reefs, Hydrocarbon fluid escape and CO<sub>2</sub>  
storage potential  
(PaGoDe)*

*Editor:*

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

*Sponsored by:*

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

ISSN 0935-9974