

Forschungsschiff

SONNE

Reise Nr. SO321/3 - SO322

03. 10. 2026 - 09. 12. 2026

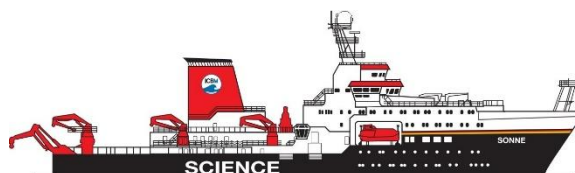


**CSEM Experiment bei den IODP Bohrungen 1301 & 1362 im Rahmen
des Solid Carbon Projekts, SolidCarbonEM**

**Bewertung der Umweltauswirkungen von Manganknollenabbau 5 Jahre
nach einem Kollektortest in der CCZ, Pazifik, NoduleMonitoring3**

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

Gefördert durch:
Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)
ISSN 2364-3692



Forschungsschiff / Research Vessel

SONNE

Reise Nr. / Cruise No. SO321/3 - SO322

03. 10. 2026 - 09. 12. 2026



**CSEM Experiment bei den IODP Bohrungen 1301 & 1362 im Rahmen
des Solid Carbon Projekts, SolidCarbonEM**

*CSEM experiment at IODP sites 1301 & 1362 in support of
the Solid Carbon project, SolidCarbonEM*

**Bewertung der Umweltauswirkungen von Manganknollenabbau 5 Jahre
nach einem Kollektortest in der CCZ, Pazifik, NoduleMonitoring3**

*Assessing the environmental impacts of polymetallic nodule mining 5 years
after an industrial collector test in the CCZ, Pacific Ocean, NoduleMonitoring3*

Herausgeber / Editor:

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

Gefördert durch / Sponsored by:

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)
ISSN 2364-3692

Anschriften / Addresses

Dr. Sebastian Hölz
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für
Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

Telefon: +49 431 600 2519
E-mail: shoelz@geomar.de

Dr. Matthias Haeckel
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für
Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

Telefon: +49 431 600 2123
E-mail: mhaeckel@geomar.de

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
Universität Hamburg / Meereskunde
Bundesstraße 57
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 2395-23640
E-Mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de
http: www.ldf.uni-hamburg.de

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

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

Projektträger Jülich
System Erde - Meeresforschung
Schweriner Straße 44
D-18069 Rostock

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

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

E-Mail: 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

VSAT

+47 224 09509

FBB 500 (Backup)

+870 773 925 590

GSM-mobile (in port only)

+49 171 410 297 7

SONNE Reisen / *Cruises* SO321/3 - SO322

03. 10. 2026 - 09. 12. 2026

**CSEM Experiment bei den IODP Bohrungen 1301 & 1362 im Rahmen
des Solid Carbon Projekts, SolidCarbonEM**

*CSEM experiment at IODP sites 1301 & 1362 in support of
the Solid Carbon project, SolidCarbonEM*

**Bewertung der Umweltauswirkungen von Manganknollenabbau 5 Jahre
nach einem Kollektortest in der CCZ, Pazifik, NoduleMonitoring3**

*Assessing the environmental impacts of polymetallic nodule mining 5 years
after an industrial collector test in the CCZ, Pacific Ocean, NoduleMonitoring3*

Fahrt / *Cruise* SO321/3

03.10.2026 - 13.10.2026

Vancouver (Kanada) - San Diego (USA)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*: Dr. Sebastian Hölz

Fahrt / *Cruise* SO322

17.10.2026 - 09.12.2026

San Diego (USA) - San Diego (USA)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*: Dr. Matthias Haeckel

Koordination / *Coordination*

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

German Research Fleet Coordination Centre

Kapitän / *Master* SONNE

SO321/3: Oliver Meyer

SO322: Tilo Birnbaum

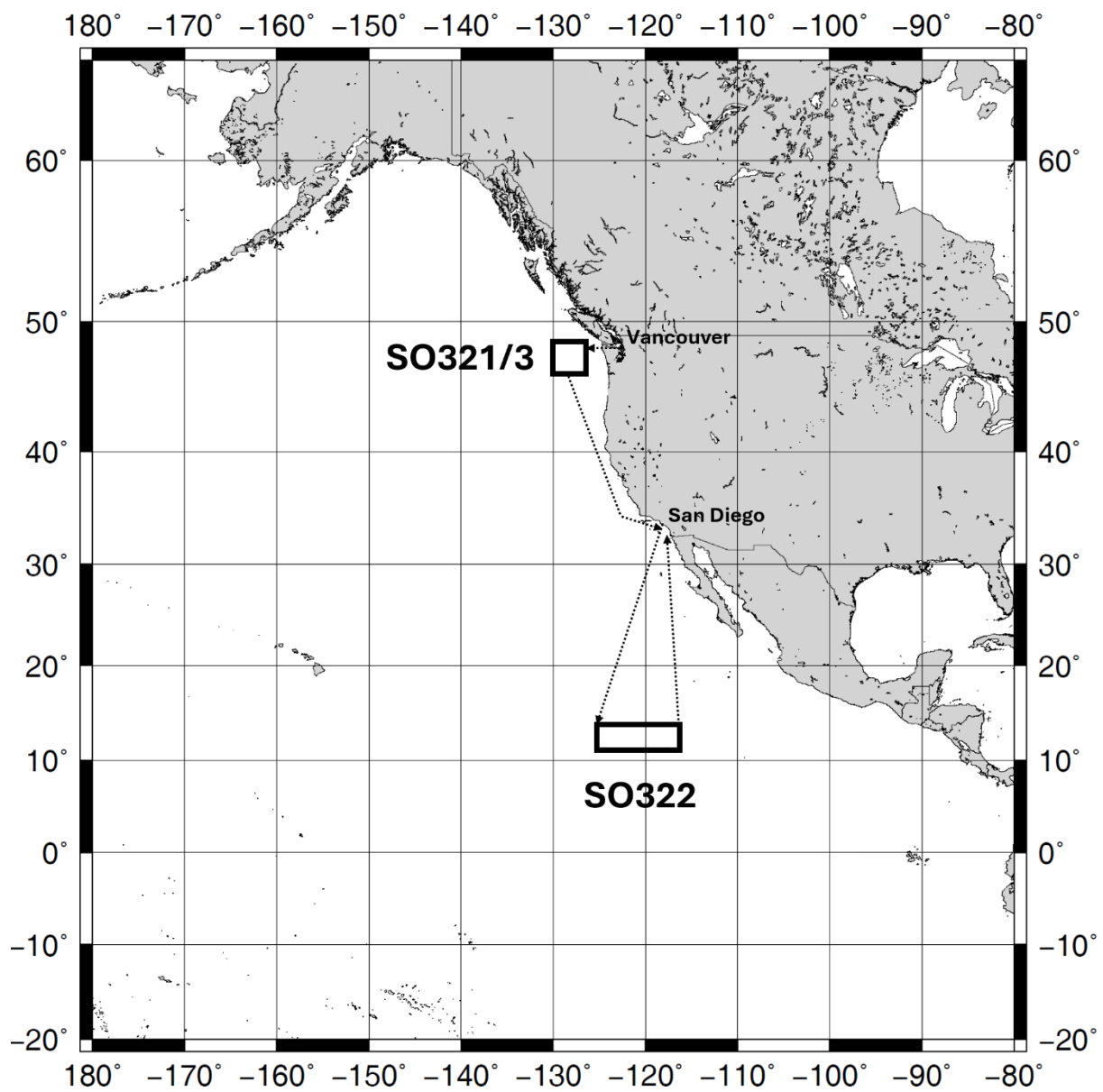


Abb. 1 Geplante Fahrtroute und Arbeitsgebiete der SONNE Expeditionen SO321/3 and SO322.

Fig. 1 Planned cruise track and working areas of SONNE research cruises SO321/3 and SO322.

Übersicht

Fahrt SO321/3

Der weltweite Ausbau von Carbon Capture and Storage (CCS) gilt als eine wesentliche Voraussetzung, um die internationalen Klimaziele zu erreichen und unvermeidbare Kohlendioxidemissionen dauerhaft aus der Atmosphäre zu entfernen. Neben der Speicherung in ausgeförderten Erdöl- und Erdgaslagerstätten rücken zunehmend basaltische Gesteinsformationen in den Fokus, da dort injiziertes Kohlendioxid durch natürliche geochemische Reaktionen innerhalb kurzer Zeit mineralisiert und somit dauerhaft im Untergrund gebunden werden kann. Offshore-Basaltprovinzen besitzen weltweit ein enormes Potenzial für eine langfristige und sichere Speicherung großer Mengen an Kohlendioxid. Diese natürliche Mineralisierung reduziert das Risiko einer späteren Freisetzung erheblich und macht marine Basaltformationen zu vielversprechenden Reservoiren für eine langfristige Speicherung großer Mengen an Kohlendioxid. Die wissenschaftliche Grundlage wurde unter anderem in den erfolgreichen Demonstrationsprojekte Carbfix (Island) und Wallula (USA), deren Ergebnisse das Potenzial basaltischer Speicherformationen eindrucksvoll belegen, gelegt.

Fahrt SO322

Die Fahrt baut auf den Ergebnissen des JPI-Oceans Verbundprojekts MiningImpact 2 auf und schließt an die Expeditionen SO268 im Februar-Mai 2019, auf der die Umweltbasisdaten in den Arbeitsgebieten erhoben wurden, die im März-Mai 2021 durchgeführte Expedition IP21, auf der eine unabhängige wissenschaftliche Beobachtung des ersten industriellen Knollenkollektortests durchgeführt wurde, und SO295, auf der im Oktober-Dezember 2022 der Umweltzustand 1,5 Jahre

Synopsis

Cruise SO321/3

The global expansion of Carbon Capture and Storage (CCS) is considered an essential prerequisite for achieving international climate goals by permanently removing unavoidable carbon dioxide emissions from the atmosphere. In addition to storage in depleted oil and natural gas reservoirs, basaltic rock formations are increasingly coming into focus, as carbon dioxide injected there is mineralized within a short period of time through natural geochemical reactions and can thus be permanently sequestered underground. This natural mineralization significantly reduces the risk of subsequent release and makes marine basalt formations promising reservoirs for the long-term storage of large quantities of carbon dioxide. The scientific basis for this is provided, among other things, by the successful demonstration projects Carbfix (Iceland) and Wallula (U.S.), whose results impressively demonstrate the potential of basaltic storage formations. Offshore basalt provinces possess enormous potential worldwide for the long-term and safe storage of large quantities of carbon dioxide.

Cruise SO322

The cruise builds on the results of the European collaborative JPI Oceans project MiningImpact 2 and follows the cruises SO268 in February-May 2019, which collected the environmental baseline data in the working areas, expedition IP21 in March-May 2021, which conducted an independent scientific monitoring of the first industrial nodule collector trial, and SO295 in October-December 2022, which established the environmental conditions 1.5 years after the collector trial.

nach dem Kollektortest untersucht wurde, an. Auf SO322 wird nun ein nächster wichtiger Zeitpunkt in der Bewertung der Umweltauswirkungen ca. 5,5 Jahre nach dem Tiefseebergbaustest erhoben. In beiden Arbeitsgebieten in den Manganknollenexplorationsgebieten von GSR und BGR in der Clarion-Clipperton-Zone (CCZ) werden jeweils die durch den Knollenkollektortest induzierten Umweltstörungen untersucht, nämlich die Entfernung der Sedimentoberfläche inklusive des Knollenhabitats, sowie die Bedeckung des umgebenden Meeresbodens und seiner Fauna durch die Ablagerung der aufgewirbelten Sedimentwolke. In den Arealen wurden Beprobungsstationen identifiziert, die repräsentativ für Gradienten und Variabilität der Schädigung sind, insbesondere in Hinsicht auf unterschiedlich mächtige Sedimentablagerungen. Außerdem wird das auf SO268 gestartete Rekolonisierungsexperiment beprobt, welches künstliche Hartsubstrate als Ersatz für Manganknollen ausgebracht hat. Zur Einordnung der Umweltauswirkungen in Bezug auf die natürliche Variabilität in beiden Arbeitsgebieten werden die etablierten Referenzstationen ebenfalls beprobt.

SO322 will assess the environmental impact state at the next important point in the time series 5.5 years after the deep-sea mining test. Since nodule mining creates two main disturbances, removal of the surface sediments and the nodule habitat where nodules are collected as well as blanketing of the surrounding unmined seafloor, both impact types will be investigated in the two working areas in the GSR and BGR license areas for polymetallic nodule exploration in the Clarion-Clipperton Zone (CCZ). Within these, different sites representative for gradients and variability of the disturbances have been established, particularly addressing the impact due to varying thickness of the sediment blanketing. In addition, the restoration experiment, which was started during SO268, consisting of artificial hard substrates as substitutes of manganese nodules, will be sampled. Natural environmental variability is addressed by continuing the sampling of reference sites established in both working areas.

Wissenschaftliches Programm

Im Rahmen des Forschungsprojekts Solid Carbon wird das IODP Bohrgebiet U1362 vor der Pazifikküste Kanadas als zukünftiger Demonstrationsstandort für die Speicherung von CO₂ in marinen Basalten untersucht. Die Expedition SO321/3 verfolgt das Ziel, vor einer geplanten CO₂-Injektion einen hochauflösenden geophysikalischen Referenzdatensatz des Untergrundes zu erfassen. Diese Ausgangsdaten bilden die Grundlage für zukünftige Vergleichsmessungen und sind somit die Grundlage für eine zielgerichtete Entwicklung eines langfristigen geophysikalischen Monitoringsystems zur Überwachung des Speicherverhaltens.

Während der Expedition werden kontrollierte elektromagnetische Messungen (Controlled Source Electromagnetics, CSEM) mit dem am GEOMAR entwickelten CAGEM-Sender durchgeführt. Im Gegensatz zu konventionellen geschleppten elektromagnetischen Quellen ermöglicht CAGEM Messungen sowohl in Inline- als auch in Broadsidegeometrie und erlaubt dadurch eine deutlich verbesserte Bestimmung anisotroper elektrischer Widerstandsstrukturen. In Kombination mit zwölf am Meeresboden positionierten Ocean Bottom Electromagnetic (OBEM) Stationen sollen Widerstandsprofile des Untergrundes bis in mehrere hundert Meter unter den Meeresboden aufgenommen werden. Besonderes Augenmerk liegt auf der Untersuchung der elektrischen Anisotropie der basaltischen Gesteinsabfolge sowie auf der Erfassung lateraler Unterschiede innerhalb des potentiellen Speicherreservoirs.

Beide Parameter liefern entscheidende Informationen über den geologischen Aufbau des potentiellen Speicherreservoirs und erlauben Rückschlüsse auf bevorzugte Migrationswege zukünftiger CO₂-Injektionen. Gleichzeitig sollen die neu erhobenen

Scientific Programme

As part of the Solid Carbon research project, IODP drill site U1362 off the Pacific coast of Canada is being investigated as a future demonstration site for CO₂ storage in marine basalts. Expedition SO321/3 aims to acquire a high-resolution geophysical baseline dataset of the subsurface prior to a planned CO₂ injection. This baseline data forms the foundation for future comparative measurements and serves as the basis for the targeted development of a long-term geophysical monitoring system to track storage behavior.

During the expedition, controlled-source electromagnetic (CSEM) measurements will be conducted using the CAGEM transmitter developed at GEOMAR. Unlike conventional towed electromagnetic sources, CAGEM enables simultaneous measurements in both inline and broadside geometries, thereby allowing for a significantly improved determination of anisotropic electrical resistivity structures. In combination with twelve Ocean Bottom Electromagnetic (OBEM) stations deployed on the seafloor, the aim is to acquire resistivity profiles of the subsurface extending to depths of several hundred meters below the seafloor. Particular emphasis is placed on investigating the electrical anisotropy of the basaltic rock sequence and on detecting lateral variations within the potential reservoir.

Both parameters provide crucial information regarding the geological structure of the potential storage reservoir and allow inferences to be drawn about preferred migration pathways for future CO₂ injections. At the same time, the newly acquired measurement data

Meßdaten mit den vorhandenen Bohrlochmessungen des benachbarten IODP-Standortes U1301 verknüpft werden, um die Interpretation der elektromagnetischen Daten zusätzlich abzusichern und mögliche laterale Unterschiede zwischen beiden Bohrstandorten zu erfassen.

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil des Forschungsprogramms ist die Untersuchung der Wiederholgenauigkeit mariner CSEM-Messungen. Hierzu werden identische Messprofile unmittelbar nacheinander in entgegengesetzter Richtung gemessen. Der direkte Vergleich beider Datensätze ermöglicht eine quantitative Bewertung der Präzision und Reproduzierbarkeit von CSEM-Experimenten unter realen Einsatzbedingungen.

Die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für die Planung eines dauerhaft installierten elektromagnetischen Observatoriums, das in das Netzwerk von Ocean Networks Canada (ONC) installiert werden soll, sowie für zukünftige Vergleichsmessungen nach einer CO₂-Injektion. Darüber hinaus können die während SO321/3 gewonnenen Daten unmittelbar mit den Ergebnissen der Expedition MSM140 vor der norwegischen Küste verglichen werden und tragen damit wesentlich zum Verständnis unterschiedlicher basaltischer Speicherformationen bei.

are to be correlated with existing borehole measurements from the nearby IODP Site U1301 in order to further validate the interpretation of the electromagnetic data and to capture potential lateral variations between the two drilling sites.

Another key component of the research programme is the investigation of the repeatability of marine CSEM measurements. To this end, identical survey profiles are measured in opposite directions in immediate succession. A direct comparison of the two datasets enables a quantitative assessment of the precision and reproducibility of CSEM experiments under real-world operating conditions.

The results provide an important basis for the planning of a permanently installed electromagnetic observatory to be integrated into the network of Ocean Networks Canada (ONC) and for future comparative measurements following CO₂ injection. Furthermore, the data obtained during expedition SO321/3 can be directly compared with results from expedition MSM140 off the Norwegian coast, thereby contributing significantly to the understanding of various basaltic reservoir formations.

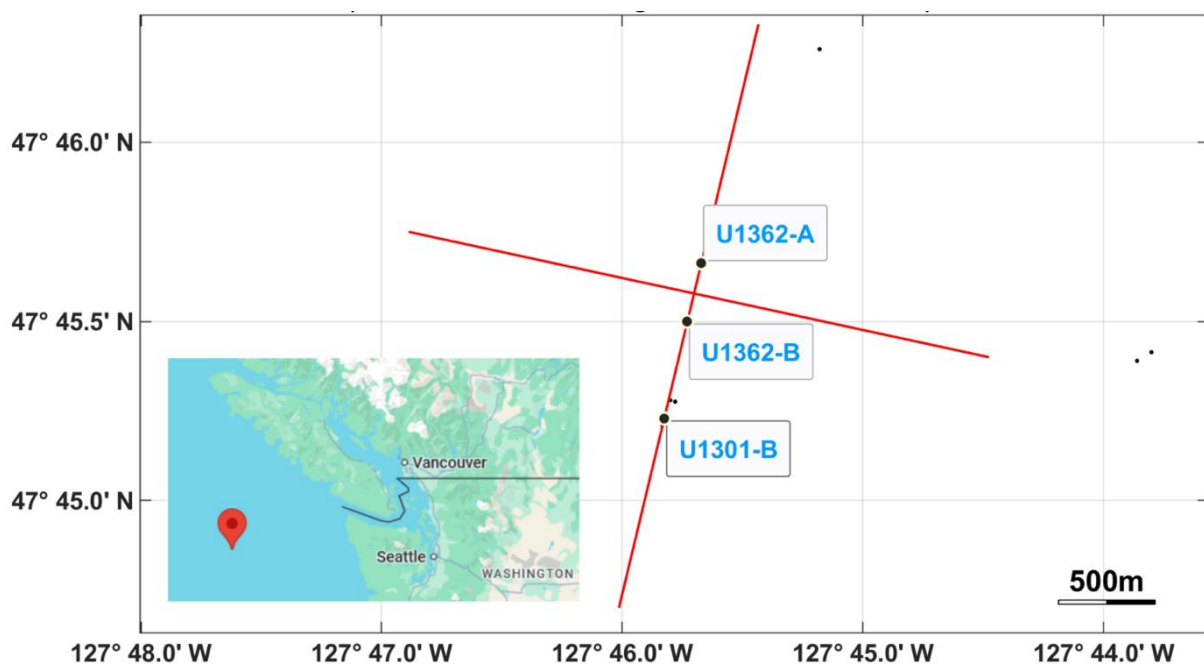
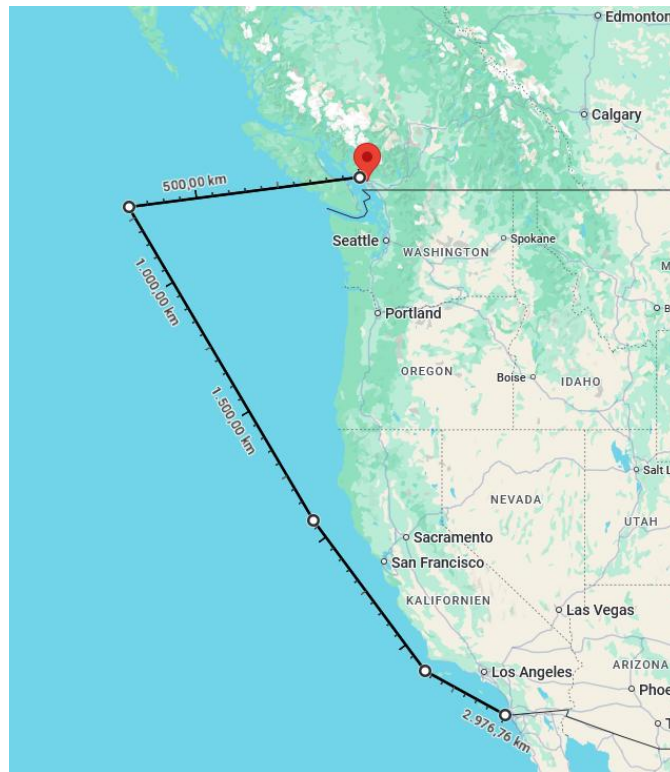


Abb. 2 Ungefähre Fahrtroute (oben) und Arbeitsgebiet (unten) vor der Westküste Kanadas (Einblendung). Die Hauptkarte zeigt die Bohrstandorte der IODP-Standorte U1362 und U1301 sowie die vorgeschlagenen Profillinien für das CSEM-Experiment (rote Linien).

Fig. 2 Approximate route (top) and working area (bottom) offshore western Canada (inlay). The main map shows the drilling locations of IODP sites U1362 and U1301 and the proposed profile lines for the CSEM experiment (red lines).

Arbeitsprogramm

Da für die Durchführung geophysikalischer Experimente nur ein sehr kurzer Zeitraum von 72 Stunden zur Verfügung steht, schlagen wir vor, zwei Tage während des Hafenaufenthalts in Vancouver vor der Abfahrt zu nutzen, um unsere Ausrüstung in einem geeigneten Labor und möglicherweise im Hangar aufzubauen. Während der Fahrt zum Arbeitsgebiet (16 Stunden) werden wir im Hangar die Auslösevorrichtungen für die Tests sowie unsere OBEM-Stationen vorbereiten, um direkt nach der Ankunft mit deren Ausbringung beginnen zu können. Nach dem Test der Releaser (6h) werden wir zwölf Empfänger mit einem Stationsabstand von ca. 200m ausbringen, um ein Profil von ca. 2,4km abzudecken (9 Std.). Für den Einsatz der ersten beiden OBEMs würden wir den Einsatz von USBL-Transponders zur Überwachung des Abstiegs beantragen. Dies ermöglicht es uns, bei den folgenden Ausbringungen mögliche Abdrift der Stationen aufgrund von Meeresströmungen zu kompensieren. Während des Transits und dem folgenden Aussetzen der OBEMs, werden der Antennenrahmen und der Hauptrahmen des Senders gleichzeitig im hinteren Bereich des Arbeitsdecks aufgebaut.

Nach Aussetzen der OBEMs kann der Sender zum Schiebebalken verschoben und direkt ausgesetzt werden. Der Sender wird mit einer Geschwindigkeit von 0,5–0,7m/s Richtung Meeresboden abgesenkt werden, wofür wir etwa 2h veranschlagen. Sobald er den Meeresboden erreicht hat, können die Messungen entlang des ersten Profils sofort beginnen. Da der Sender mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,5–0,6kn betrieben wird, dauert die Durchfahrt der 3km langen Profillinie – wobei wir an jedem Ende der Empfängeranordnung jeweils 300m hinzufügen – etwa 4h. Anschließend werden wir den Sender ein zweites Mal entlang derselben Profillinie in umgekehrter Richtung bewegen und so das Experiment wiederholen, um experimentelle Daten zu generieren, anhand derer wir die Unsicherheiten bei wiederholten Messungen abschätzen können.

Work Programme

Since only a very short window of 72 hours is available for conducting the geophysical experiments, we propose using two days during the port call in Vancouver – prior to departure – to set up our equipment in a suitable laboratory and, potentially, in the hangar. During the transit to the survey area (16 hours), we will prepare the release mechanisms for the tests as well as our OBEM stations in the hangar, enabling us to begin deployment immediately upon arrival. Following the release mechanism tests (6 hours), we will deploy twelve receivers spaced approximately 200 m apart to cover a profile of about 2.4 km (9 hours). For the deployment of the first two OBEMs, we would request the use of USBL transponders to monitor the descent; this will allow us to compensate for any station drift caused by ocean currents during subsequent deployments. While the OBEMs are being deployed following the transit, the antenna frame and the transmitter's main frame will be assembled concurrently at the aft end of the working deck.

Once the OBEMs have been deployed, the transmitter can be moved to the sliding beam and deployed directly. The transmitter will be lowered toward the seafloor at a speed of 0.5–0.7 m/s, a process estimated to take approximately two hours. Upon reaching the seafloor, measurements along the first profile line can begin immediately. As the transmitter operates at a speed of roughly 0.5–0.6 knots, traversing the 3 km profile line – extended by 300 m at each end of the receiver array – will take about four hours. Subsequently, we will move the transmitter along the same profile line in the opposite direction to repeat the experiment; this generates data that allows us to estimate uncertainties associated with repeated measurements. This step is essential for determining the quantities of CO₂ that would need to be sequestered to ensure detectability via a CSEM experiment utilizing a mobile source

Dies ist unerlässlich, um später zu bestimmen, welche CO₂-Mengen sequestriert werden müssten, damit sie durch ein CSEM-Experiment mit einer mobilen Quelle und stationären Empfängern nachweisbar sind. Das Einholen des Senders zurück an Deck kann mit einer höheren Windengeschwindigkeit von 0,8m/s erfolgen und dürfte etwa 1,5h dauern. Insgesamt werden die Messungen mit der CSEM-Quelle entlang des ersten Profils etwa 12h in Anspruch nehmen.

Die anschließende Bergung der 12 OBEMs aus einer Wassertiefe von ca. 2700 m und deren direkter Wiedereinsatz, d. h. ohne Demontage, auf der zweiten Profillinie dürfte etwa 23h in Anspruch nehmen. Es ist erwähnenswert, dass wir während der jüngsten Forschungsfahrt MSM140 (September/Oktober 2025, vor der Küste Norwegens, Wassertiefe 1200–1600 m) dasselbe Verfahren zur Bergung von Empfängern durchgeführt haben, um diese sofort auf einem benachbarten Profil wieder einzusetzen, und dabei zwölf OBEMs innerhalb von 17h verlegen konnten. Die hier zusätzlich veranschlagten 6h dienen dazu, die größere Wassertiefe zu berücksichtigen, die für die Bergung jedes einzelnen OBEMs etwa 25min mehr Zeit erfordert.

Insgesamt dürfte dieser erste Teil des Projekts (ohne Berücksichtigung der Umverteilung der OBEMs) etwa 41h in Anspruch nehmen, womit etwa 31h für unvorhergesehene Probleme oder ein zweites Experiment verbleiben würden. Unsere bevorzugte Option wäre es, das erste Experiment entlang einer Profillinie in Richtung NNO ↔ SSO (Profil 1) durchzuführen, um sowohl die ausgewählten CCS-Standorte (U1362) als auch den Bohrstandort U1301 abzudecken, für den Widerstandsmessdaten aus In-situ-Messungen vorliegen. Sollten jedoch Wind- und/oder Wellenbedingungen den Betrieb des Schiffes entlang der bevorzugten Profillinie verhindern, könnten wir uns auch mit einer sekundären Profillinie in Richtung ESE ↔ WNW (Profil 2) begnügen. Sofern nach Abschluss der ersten Profillinie noch etwa 28h verbleiben und die Wind- und Wellenbedingungen günstig sind, könnte

and stationary receivers. Retrieving the transmitter to the deck can be performed at a higher winch speed of 0.8 m/s and is expected to take approximately 1.5 hours. In total, the measurements using the CSEM source along the first profile line will take about 12 hours.

The subsequent recovery of the 12 OBEMs from a water depth of approximately 2,700 m and their immediate redeployment – i.e., without disassembly – on the second profile line is expected to take about 23 hours. It is worth noting that during the recent research cruise MSM140 (September/October 2025, off the coast of Norway, water depth 1,200–1,600 m), we employed the same procedure to recover receivers for immediate redeployment on an adjacent profile, successfully relocating twelve OBEMs within 17 hours. The additional 6 hours estimated here account for the greater water depth, which requires approximately 25 minutes more time for the recovery of each individual OBEM.

Overall, this first part of the project (excluding the redeployment of the OBEMs) is expected to take approximately 41 hours, leaving about 31 hours for unforeseen issues or a second experiment. Our preferred option would be to conduct the first experiment along a profile line oriented NNE – SSE (Profile 1), covering both the selected CCS sites (U1362) and borehole site U1301, for which in-situ resistivity data are available. However, should wind and/or wave conditions prevent vessel operations along the preferred profile line, we could alternatively use a secondary profile line oriented ESE – WNW (Profile 2). Provided that approximately 28 hours remain after completing the first profile line and conditions are favorable, a further CSEM experiment could be conducted along the second profile line. For this profile, we would operate the transmitter only once along the line. If

entlang der zweiten Profillinie ein weiteres CSEM-Experiment durchgeführt werden. Entlang dieser Profillinie würden wir den Sender nur einmal entlang des Profils in Betrieb nehmen. Sollten weniger Stunden verbleiben, könnten eine geringere Anzahl von Empfängern und eine verkürzte Profillinie verwendet werden, um das verbleibende Zeitfenster auszuschöpfen. Die Messung eines zweiten Profils wäre zwar wissenschaftlich wertvoll, da sie uns helfen würde, einen senkrechten Widerstandsprofilabschnitt zu erstellen, um eine 3D-Interpretation der Widerstandsstruktur zu erhalten, für den Gesamterfolg der Expedition wäre dies jedoch nicht unbedingt erforderlich.

fewer hours remained, a reduced number of receivers and a shorter profile line could be used to utilize the remaining time window. While measuring a second profile would be scientifically valuable – helping us create a perpendicular resistivity profile section to facilitate a 3D interpretation of the resistivity structure – it is not strictly essential for the overall success of the expedition.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise SO321-3**

	Tage/days
Auslaufen von Vancouver (Kanada) am 03.10.2026 <i>Departure from Vancouver (Canada) 03.10.2026</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	1,2
OBEM Test + Deployment	0,6
Messungen mit der CSEM-Quelle entlang des ersten Profils (hin + rück) <i>Measurements with the CSEM source along the first profile (outbound and return)</i>	0,5
OBEM Bergung und Einsetzen auf Profil 2 <i>OBEM Recovery & redeployment on profile 2</i>	1
CSEM Messung Profil 2 & Bergung von Sender und OBEMs <i>CSEM on profile 2 & recovery of transmitter and OBEMs</i>	1
Transit zum Hafen San Diego (USA) <i>Transit to port San Diego (USA)</i>	5,7
	Total 10
Einlaufen in San Diego (USA) am 13.10.2026 <i>Arrival in San Diego (USA) 13.10.2026</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel

Wischhofstraße 1-3

24148 Kiel

Germany

Ocean Networks Canada

Ocean-Climate Building

University of Victoria

#100, 2474 Arbutus Road

Victoria, BC, Canada

V8N 1V8

University of Victoria

PO Box 1700 STN CSC

Victoria BC V8W 2Y2

CANADA

Wissenschaftliches Programm

Unsere wissenschaftlich unabhängigen Untersuchungen zum ersten industriellen Feldtest eines Manganknollenkollektors durch die belgische Firma GSR bietet die Gelegenheit, das Wissen über die Umweltauswirkungen von Tiefseebergbau, insbesondere der räumlichen und zeitlichen Dimensionen, zu verbessern.

Scientific Programme

Our independent scientific studies of the first industrial field trial of a nodule collector vehicle by the Belgian contractor GSR offer the unique opportunity to advance the knowledge on the environmental impacts arising from deep-sea mining operations, particularly on their spatial and temporal dimensions.

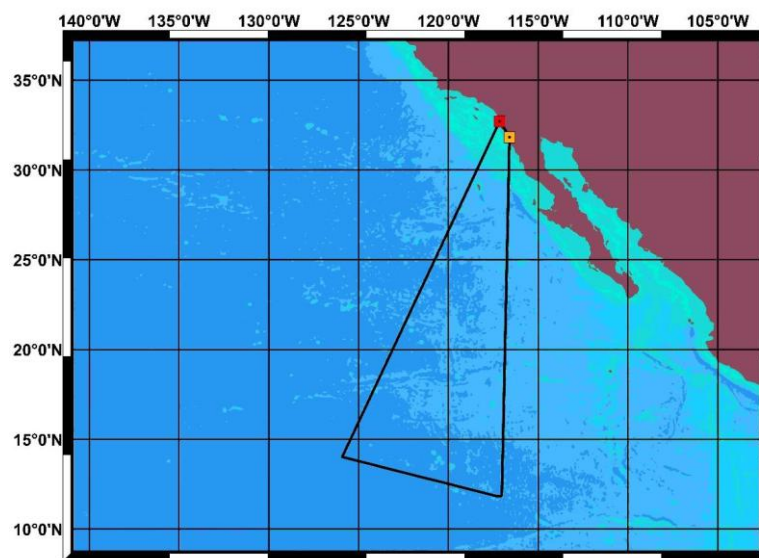


Abb. 3 Geplante Fahrtroute und Arbeitsgebiet der SONNE Expedition SO322.

Fig. 3 Planned cruise track and working area of SONNE research cruise SO322.

Die Ausfahrt adressiert folgende wissenschaftliche Themen:

- Zeitliche Entwicklung der Umweltauswirkungen im Kollektorabbaugebiet und im Sedimentablagerungsgebiet;
- Zeitliche Veränderung der Sedimentablagerung durch Resuspension aufgrund von Bodenströmungen (z.B. mesoskaligen Eddies);
- Test der Wiederbesiedlung künstlicher Hartsubstrate;
- Charakterisierung der pelagischen Fauna in der Wassersäule.

The cruise addresses the following scientific topics:

- *Temporal evolution of the direct environmental impacts in the mined area and the sediment deposition area;*
- *Temporal change of the sediment blanket due to resuspension events (e.g. elevated bottom currents induced by mesoscale eddies);*
- *Test of restoration measures for recolonization of the impacted nodule habitat;*
- *Characterisation of the pelagic fauna in the water column.*

Im Rahmen des Europäischen JPI Oceans Projekts MiningImpact werden seit 2015 die wissenschaftlichen Ergebnisse erfolgreich in konkrete Handlungsvorschläge für internationale Regularien, u.a. den Mining Code der Internationalen Meeresbodenbehörde, und andere Entscheidungsträger entwickelt, wie z.B. eine Umweltrisikobewertung sowie Umweltstandards und –protokolle für Tiefseebergbau.

Since 2015 the European JPI Oceans project MiningImpact successfully transfers its scientific results into policy recommendations for international regulations, such as the Mining Code of the International Seabed Authority, and other decision makers. This includes an environmental risk assessment as well as the development of environmental standards and protocols for deep-sea mining operations.

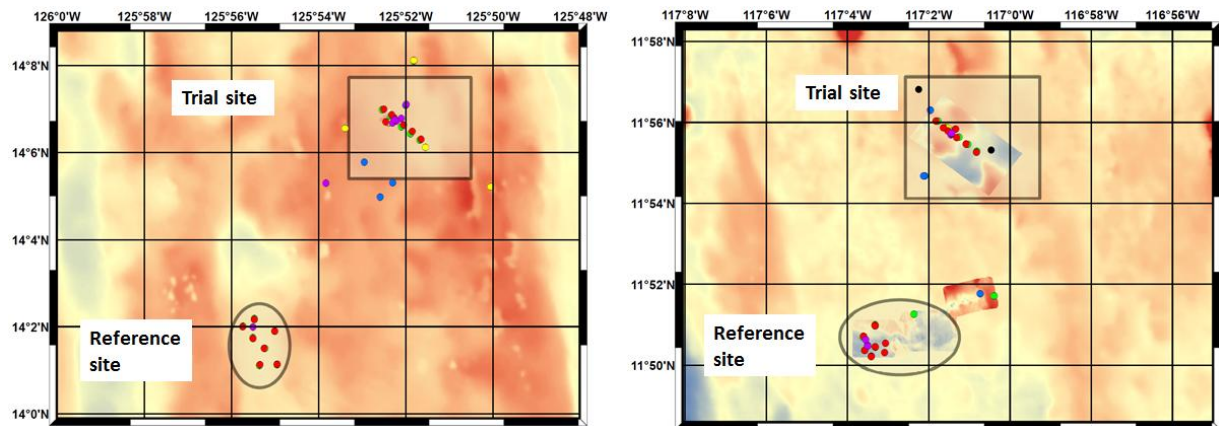


Abb. 4 Das belgische (links) und deutsche (rechts) Arbeitsgebiet von SO322 in den Lizenzgebieten von GSR und BGR zur Exploration von Manganknollen in der CCZ. Eingezeichnet sind die Arbeitsstationen der vorangegangenen Expeditionen SO268, IP21 und SO295.

Fig. 4 The Belgian (left) and German (right) working areas of SO322 in the GSR and BGR license areas for polymetallic nodule exploration in the CCZ. Indicated are the sampling sites of the previous expeditions SO268, IP21, and SO295.

Arbeitsprogramm

Die geplanten wissenschaftlichen Arbeiten umfassen ozeanographische, biologische, mikrobiologische, biogeochemische und geologische Methoden. Dies erfordert den Einsatz einer Vielzahl mariner Geräte, wie den Tauchroboter ROV Kiel6000, um Sedimente, Manganknollen und benthische Fauna zu beproben sowie in situ Messungen und Experimente in der Tiefsee durchzuführen, das AUV Abyss zur hochauflösenden akustischen und optischen Kartierung des Meeresbodens, den OFOS-Schlitten für Photoaufnahmen des Meeresbodens, benthische Lander zum Ausbringen von Geräten und in situ Messungen am Meeresboden, diverse Kerngeräte (Kastengreifer, Multicorer) zur Sedimentbeprobung, CTD-Kranzwasserschöpfer und Multinetze zur Beprobung der Wassersäule. Das erfolgreich auf den vorangegangenen Fahrten SO268, IP21 und SO295 durchgeführte Untersuchungsschema (s. die in Abb. 4 gezeigten Beprobungsstationen) soll in den Kollektortest-, Plume-Impact- und Referenzstationen grundsätzlich auch auf SO322 angewandt werden, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu ermöglichen.

Zudem wird erstmals eine Beprobung der pelagischen Fauna durchgeführt, um die großen Datenlücken zum mesopelagischen Ökosystem in der CCZ zu adressieren.

Work Programme

The intended scientific work comprises oceanographic, biological, microbiological, biogeochemical, and geological methodologies. This requires the deployment of a multitude of seagoing equipment, such as the diving robot ROV Kiel6000 for sampling of sediments, nodules, and benthic fauna as well as carrying out in situ measurements and experiments in the abyss, AUV Abyss for high-resolution acoustic and optical mapping of the seafloor, OFOS sled for photo surveys of the seafloor, benthic landers for deploying equipment and in situ measurements at the seafloor, several sediment coring devices (box corer, multiple corer) as well as multinetts and CTD Niskin bottle water samplers for sampling of the water column. The investigation strategy that has been executed successfully during the previous campaigns SO268, IP21, and SO295 (see the sampling stations shown in Fig. 4) will be employed during SO322 at the collector impact, plume impact and reference sites again to allow for a comparability of the data and results.

In addition, for the first time, sampling of the pelagic fauna will be conducted to address the large data gaps that exist for the mesopelagic ecosystem of the CCZ.

	Tage/days
Auslaufen von San Diego (USA) am 17.10.2026 <i>Departure from San Diego (USA) 17.10.2026</i>	
Zwischenstopp Ensenada (Mexiko) am 18.10.2026 <i>Intermediate stop Ensenada (Mexico) 18.10.2026</i>	1.5
Transit zum belgischen Arbeitsgebiet / <i>Transit to Belgian working area</i>	5
Untersuchungen im Referenzgebiet <i>Investigations at reference site</i>	6.5
Untersuchungen im Kollektortestgebiet <i>Investigations at collector impact site</i>	6.5
Untersuchungen im Sedimentwolkengebiet <i>Investigations at plume impact site</i>	6.5
Transit zum deutschen Arbeitsgebiet / <i>Transit to German working area</i>	2.5
Untersuchungen im knollenfreien Gebiet <i>Investigations at no-nodule site</i>	1
Untersuchungen im Referenzgebiet <i>Investigations at reference site</i>	6.5
Untersuchungen im Kollektortestgebiet <i>Investigations at collector impact site</i>	6.5
Untersuchungen im Sedimentwolkengebiet <i>Investigations at plume impact site</i>	6.5
Transit zum Hafen San Diego <i>Transit to port San Diego</i>	5
	Total 54
Einlaufen in San Diego (USA) am 09.12.2026 <i>Arrival in San Diego (USA) 09.12.2026</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

GEOMAR

GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean
Research Kiel
Wischhofstraße 1-3
24148 Kiel / Germany

AWI

Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre
for Polar & Marine Research
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven / Germany

BGR

Federal Institute for Geosciences and Natural
Resources
Stilleweg 2
30655 Hannover / Germany

CUB

Constructor University Bremen gGmbH
Campus Ring 1
28759 Bremen / Germany

SGN

Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung
Deutsches Zentrum für Marine
Biodiversitätsforschung
Südstrand 44
26382 Wilhelmshaven / Germany

NIOZ

Royal Netherlands Institute for Sea Research
Landsdiep 4
1797 SZ Den Hoorn, Texel / The Netherlands

Naturalis

Naturalis Biodiversity Center
Darwinweg 2
2333 CR Leiden / The Netherlands

UUtrecht

Utrecht University
Princetonplein 9
3584 CC Utrecht / The Netherlands

UGent

Gent University
St Pietersnieuwstraat 25
9000 Gent / Belgium

RBINS

Royal Belgian Institute of Natural Sciences
Vautierstraat 29
1000 Brussels / Belgium

SAMS

Scottish Association for Marine Science
Dunbeg
PA37 1QA Oban / United Kingdom

ULodz

University of Lodz
Prezydenta G. Narutowicza 68
90-136 Lodz / Poland

UAzores

Unioversity of Azores
Rua Professor Frederico Machado 4
9901-862 Horta, Azores / Portugal

CIIMAR

Interdisciplinary Centre of Marine and
Environmental Research
Av. General Norton de Matos
4450-208 Matosinhos / Portugal

UAlgarve

University of Algarve
Campus da Penha
8005-139 Faro / Portugal

UAveiro

University of Aveiro
Campus Universitário de Santiago,
3810-193 Aveiro / Portugal

UNIVPM

Polytechnic University of Marche
Piazza Roma 22
60121 Ancona / Italy

Das Forschungsschiff / *Research Vessel SONNE*

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

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

FS „SONNE“ ist Eigentum der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das 90% des Baus und die Betriebskosten finanziert. Die norddeutschen Küstenländer trugen zu 10% zu den Baukosten bei.

R/V “SONNE” 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 Begutachtungspanel 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.

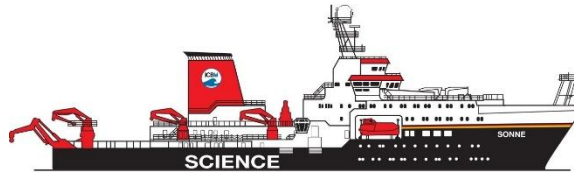
The German Research Fleet Coordination Centre (LDF) at the University of Hamburg is responsible for the scientific-technical, logistical and financial preparation, handling and supervision of the vessel’s operation.

Einerseits arbeitet die LDF partnerschaftlich mit der Fahrtleitung zusammen, andererseits ist sie Partner der Reederei Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG. Die Finanzadministration im Rahmen der Bereederung erfolgt durch den Projektträger Jülich (PtJ).

On a partner-like basis the LDF cooperates with the chief scientists and the managing owner Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG. The financial administration of the ships operation is carried out by the POrject Management Jülich (PtJ).

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

The institutions involved in the vessel’s operation are monitored by an advisory board.



Research Vessel

SONNE

Cruise No. SO321/3-SO322

03. 10. 2026 - 09. 12. 2026



***CSEM experiment at IODP sites 1301 & 1362 in support of
the Solid Carbon project, SOLID CARBON EM***

***Assessing the environmental impacts of polymetallic nodule mining 5 years after
an industrial collector test in the CCZ, Pacific Ocean, NoduleMonitoring3***

Editor:

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

Sponsored by:

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)
ISSN 2364-3692