

Forschungsschiff

Reisen Nr. MSM101 - MSM102

12.06.2021 - 09.09.2021



Sedimenttransport im Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC), Labrador See

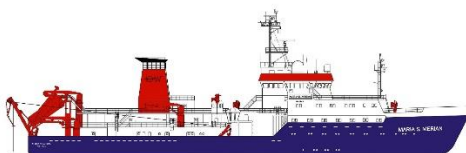
Paläoklima und Biogeochemie am Kontinentallhang von Nova Scotia (NOVAMAR)

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

Reisen Nr. / *Cruises No.* MSM101 - MSM102

12.06.2021 - 09.09.2021



Sedimenttransport im Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC), Labrador See

*Sediment Transport in the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC),
Labrador Sea*

Paläoklima und Biogeochemie am Kontinentalhang von Nova Scotia (NOVAMAR)

Paleoclimate and Biogeochemistry at the Nova Scotia Margin (NOVAMAR)

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*

Prof. Dr. Ralph Schneider

Institut fuer Geowissenschaften
Christian-Albrechts-Universitaet zu Kiel
Ludewig-Meyn-Str. 10
D-24118 Kiel

Telefon: +49 431 880 - 1457
Telefax: +49 431 880 - 1912
E-Mail: ralph.schneider@ifg.uni-kiel.de

Prof. Dr. Sebastian Krastel

Institut für Geowissenschaften
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Otto-Hahn-Platz 1
D-24118 Kiel

Telefon: +49 431 880 - 3914
Telefax: +49 431 880 - 4432
E-Mail: sebastian.krastel@ifg.uni-kiel.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

Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG
Research | Forschungsschiffahrt
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-research.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 MSM101 - MSM102

12.06.2021 - 09.09.2021

**Sedimenttransport im Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC),
Labrador See**

*Sediment Transport in the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC),
Labrador Sea*

Paläoklima und Biogeochemie am Kontinentalhang von Nova Scotia (NOVAMAR)

Paleoclimate and Biogeochemistry at the Nova Scotia Margin (NOVAMAR)

Fahrt / Cruise MSM101 12.06.2021 - 20.07.2021
Emden (Germany) - Emden (Germany)

Fahrtleitung / Chief Scientist: Prof. Dr. Ralph Schneider

Kapitän / Master: Björn Maaß

Fahrt / Cruise MSM102 23.07.2021 - 09.09.2021
Emden (Germany) – Emden (Germany)

Fahrtleitung / Chief Scientist: Prof. Dr. Sebastian Krastel

Kapitän / Master: Björn Maaß

Koordination / Coordination Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
German Research Fleet Coordination Centre

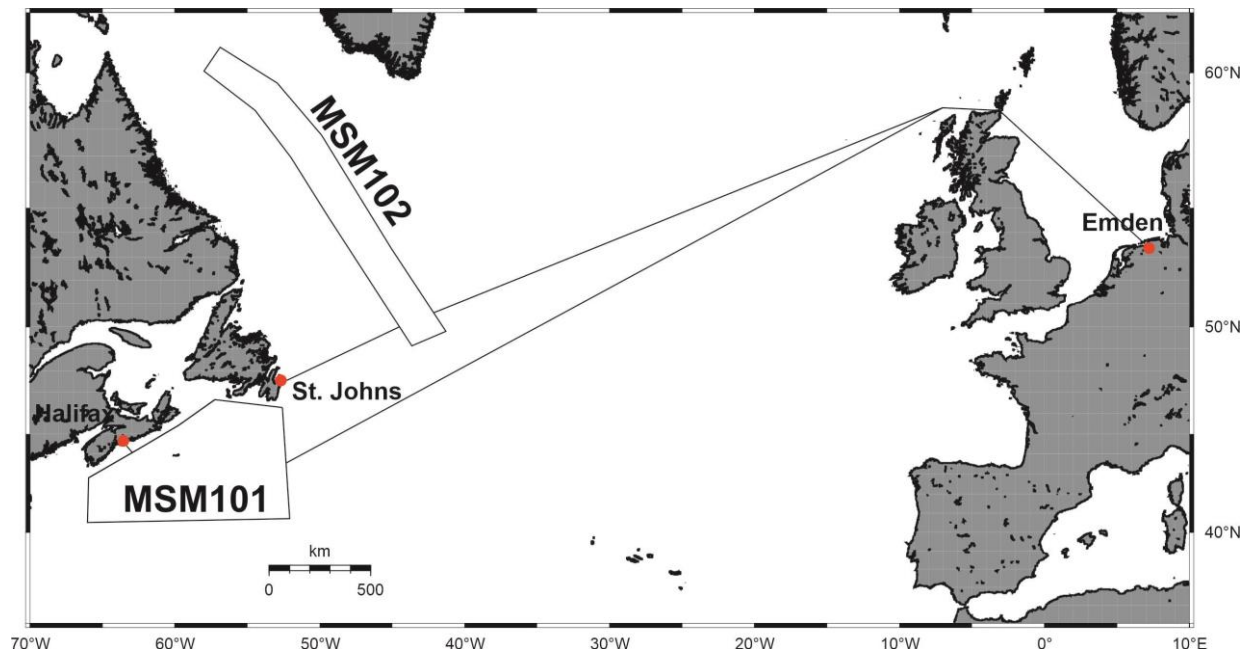


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der MERIAN Expeditionen MSM101-102.

Fig. 1 *Planned cruise tracks and working areas of MERIAN cruises MSM101-102.*

Übersicht

Fahrt MSM101

Der Nordwestatlantik entlang des Scotian Schelfs und Kontinentalhangs ist eine ideale Region, um die heutige und vergangene Variabilität der wichtigsten oberflächennahen und tiefen Komponenten der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation (AMOC) zu untersuchen und zu rekonstruieren.

Daher ist es Ziel der Expedition MSM101, anhand von postglazialen und holozänen Sedimentkernen die Klimavariabilität der letzten ca. 19.000 Jahren zu rekonstruieren und die damit zusammenhängenden Veränderungen im biogeochemischen Stoffaustausch an der Wassersedimentgrenze zu untersuchen. Detaillierte Sedimentecholotvermessungen auf dem Schelf und oberen Kontinentalhang werden zur Suche geeigneter geologischer Beprobungsstationen mit größtmöglichen Mächtigkeiten für die jüngsten hemipelagischen Ablagerungen benötigt. Die Ausfahrt ist Teil der bilateralen Zusammenarbeit in der Meeresforschung zwischen den Universitäten Dalhousie und Kiel gemeinsam mit dem GEOMAR. Sie soll wichtige Daten und Sedimentarchive zur Rekonstruktion der Variabilität in den konvergierenden warmen und kalten Wassermassen des Golfstroms und des Labradorstroms vor Nova Scotia liefern. Hierbei soll die natürliche Klimavariabilität auf Zeitskalen von Dekaden bis Jahrhunderte im Anschluss an umfangreiche historische Zeitserien rekonstruiert und die Interaktion von warmen und kalten Wassermassen aus dem Nordatlantik und der Labrador See vor Nova Scotia untersucht werden.

Synopsis

Cruise MSM101

The Northwest Atlantic along the Scotian Shelf and Slope provides a unique environment to monitor modern and reconstruct past variability of critical components of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC), including both surface and deep currents.

Hence, Expedition MSM101 aims to execute a sampling programme for sediment biogeochemistry as well as for Deglacial to Holocene sediment sequences off Nova Scotia and Newfoundland in order to understand past climate variability at high resolution and element fluxes between the water-column and underlying sediments. Sediment acoustic surveys along the shelf and upper slope of south-eastern Canada will allow us to identify proper locations for sediment sequences sampling. The cruise is part of a bilateral collaboration in marine science between Dalhousie and Kiel Universities and GEOMAR. Sediment samples will provide important data for the reconstruction of changes of surface and deep-water masses at the convergence of cold Labrador Sea and warm North Atlantic Currents. The project aims to reconstruct natural climate variability at time scales of centuries beyond historical records and to unravel interactions between Labrador Sea and North Atlantic water masses converging offshore Nova Scotia closely linked to North Atlantic surface and deep circulation.

Fahrt MSM102

Der Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC) ist der längste bekannte Tiefseekanale der Welt und erstreckt sich über 4000 km von der Hudson Strait durch die Labrador See, umrundet die Grand Banks und endet an der nördlichen Grenze der Sohm Tiefseeebene. Große Mengen Sediment werden durch den NAMOC von Land in die Tiefsee transportiert. Der NAMOC weist ähnliche Merkmale wie Flusssysteme auf, z.B. Nebenarme, Mäander, Uferwälle, Gleithänge, verschiedene Zuflüsse und einen markanten Talweg. Die detaillierte Morphologie und Morphometrik des Systems sind jedoch nicht bekannt. Das System wurde auch nicht unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Wissens über natürlich auftretende Trübestrome und den Transport von Nährstoffen in die Tiefsee interpretiert. Das Kanalsystem, das sich über mehr als 20 Breitengrade erstreckt, ist einzigartig gelegen, um den Einfluss der Corioliskraft auf Mäander- und Uferwallaufbau zu testen. Ziel der Fahrt ist die quantitative Rekonstruktion grundlegender Fließeigenschaften (z.B. Mächtigkeit, Geschwindigkeit und Konzentration) der Trübestrome, die den NAMOC geschaffen und erhalten haben. Dieses Verständnis ist entscheidend, um die Bedeutung des NAMOCs für den Transport von Sedimenten und Nährstoffen von Land in die Tiefsee in Abhängigkeit der Entwicklung der nordamerikanischen und grönländischen Eisschilde zu untersuchen. Um diese Ziele zu erreichen, werden detaillierte Kartierungen und Beprobungen durchgeführt. Diese Arbeiten umfassen: 1) Quantifizierung der Entwicklung der Kanal- und Talweg-Breiten und -Tiefen entlang des NAMOCs, 2) Untersuchung der Dynamik und Dimensionen von Mäanderschlaufen, 3) Analyse der Höhe und Breite von sich entwickelnden Uferwällen, Bodenformen, Scours, Knickpunkten, und Durchbrüchen und 4) Datierung von sedimentären Ablagerungen zur Etablierung des chronostratigraphischen Rahmens. Zusätzlich werden auf der Fahrt Argo Floats ausgesetzt.

Cruise MSM102

The Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC) is the longest known deep sea channel in the World, extending over 4000 km from offshore Hudson Strait, through the Labrador Sea, circumnavigating the Grand Banks of Newfoundland and terminating at the northern limit of the Sohm Abyssal Plain. It was a major sediment transport pathway during Quaternary glacial cycles, directing sediment from the subaerial to the deep-sea environment. NAMOC exhibits features similar to fluvial systems with tributaries, channel meanders, levees, point bars, Yazoo channels, and a prominent thalweg. The detailed morphologies and morphometrics of the system, however, are not known, nor has the system been interpreted in the context of today's knowledge of naturally-occurring turbidity currents and their role in carbon transport and burial in the deep sea. Transecting $> 20^\circ$ of high latitudes, this channel system is uniquely situated to test the influence of the Coriolis force on channel meanders and channel levee configurations. The objective of this cruise is to enable the quantitative reconstruction of fundamental flow properties (e.g. thickness, speed and concentration) that created and maintained NAMOC. This understanding is critical for estimation of the role that this sedimentary pathway had in directing sediment and nutrients from the land to the deep sea in response to deglaciation of the northeastern North American and Greenland ice sheets. To achieve these objectives, we will realize a detailed mapping and coring campaign of the NAMOC. Metrics to consider include: 1) quantification of the evolution of channel and thalweg widths and depths down axis, 2) the dynamics and dimensions of meander bends, 3) the heights and widths of developing levees, bedforms, knick-points, and scours, and 4) dating of sedimentary deposits to establish the chronostratigraphic framework. In addition we will deploy Argo Floats.

Wissenschaftliches Programm

Die Entnahme der Sedimentkerne für paläo-ozeanographische und biogeochemische Untersuchungen orientiert sich einerseits entlang der vier Becken auf dem inneren Scotian Schelf (Arbeitsgebiet a) und einem Becken vor Neufundland (Arbeitsgebiet b). Zugleich sollen, entlang von vier Schelf-Hang Transekten, geologische Beprobungen durchgeführt werden (Abb. 2). Die so gewonnenen Sedimentproben werden es ermöglichen, (i) die klimatische Variabilität der kalten subpolaren Wassermassen aus der Labrador See zu rekonstruieren, (ii) diese direkt mit dem warmen Subtropischen Wirbel (STG) und der Nordatlantischen Zirkulation (NAC) im Nordwestatlantik zu vergleichen, und (iii) sie mit Änderungen der mittleren und tiefen Wassermassen sowie mit den Veränderungen in der Deep Western Boundary Circulation (DWBC), dem dritten Hauptelement der Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC), zu verknüpfen. Da alle wichtigen ozeanischen Oberflächen- und Tiefenwassermassen entlang des Scotian Margin zusammenfließen, ist diese Region von zentraler Bedeutung, um den Einflüssen des kalten Labradorstrom direkt von denen in der warmen STG-Zirkulation des Nordatlantiks in Bezug auf Klimaveränderungen zu trennen. In mittleren und tieferen Wassertiefen ist die Bildung und Variabilität des Nova Scotia Slope Waters von Interesse, eine Mischung aus NAC und LC sowie Sankt Lorenz Strom, die wichtig für biogeochemische Kreisläufe von z.B. Kohlenstoff, Sauerstoff und Spurenelement- und Nährstoffflüssen sind, und damit die planktonischen und benthischen Offshore-Ökosysteme steuern.

Die Profile entlang der inneren Schelfbecken und die schelfübergreifende Transekte werden es ermöglichen, die besten Standorte der mächtigsten Sedimentpakete zu identifizieren, die sich am besten für postglaziale bis spätholozäne Rekonstruktionen von Veränderungen der Wassermassenvariabilität, ben-

Scientific Programme

Sediment coring for paleoceanographic and biogeochemical studies will be, on the one hand, oriented along 4 inner shelf basin surveys on the Scotian Shelf (working box a) and 1 off Newfoundland (working box b). On the other hand, 4 cross-shelf-slope transects will be conducted (Fig. 1). This will allow a unique sampling setup to reconstruct (i) the climatic variability of the main cold subpolar water masses originating from the Labrador Sea, (ii) directly compare it with the warm Subtropical Gyre (STG) and North Atlantic Circulation (NAC) in the Northwest Atlantic, and also (iii) link it in the same setting with subsurface water mass changes as well as with those related to the Deep Western Boundary Circulation (DWBC), the third major element of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). Since all important oceanic surface and subsurface water masses are merging along the Scotian Margin (Figure 1), this region is pivotal to directly disentangle climate changes in the cold Labrador Current from those in the warm STG circulation of the North Atlantic, the latter much less affected by meltwater than the Labrador Current and generally much warmer due to the northward heat transport by the Gulf Stream. At intermediate and deeper water depths, the target will be the reconstruction of the formation and variability in Nova Scotia Slope Waters, a mixture of subsurface NAC and LC / Gulf of St. Lawrence waters, which are important for biogeochemical cycling of, e.g. carbon, oxygen, and trace element and nutrient fluxes, thus controlling offshore planktonic and benthic ecosystems.

Inner shelf basin surveys and cross-shelf-slope transects will allow to identify the best locations of thickest young mud deposits most suited for our aim to reconstruct Postglacial to Latest Holocene time-transgressive gradients of changes in water mass variability, benthic nutrient, freshwater and terrigenous

thischer Nährstoff-, Süßwasser- und terrigener Materialflüsse durch paläozeanographische Proxy-Aufzeichnungen eignen. Sie sind durch hohe Einträge von terrigenem Material aus dem Sankt-Lorenz-Strom und dem Golf von Maine gekennzeichnet; mächtige deglaziale bis holozäne Sedimentsequenzen in den inneren Schelfbecken und in morphologischen Vertiefungen oder Rinnen-Rücken-Systemen des oberen Kontinentalhangs. Sie bestehen hauptsächlich aus terrigenen und hemipelagischen Schlämmen oder Sanden mit einer pelagischen Komponente aus mariner biologischer Produktivität, wobei davon ausgegangen wird, dass Sedimenterosion durch Strömungsaktivität oder durch submarine Rutschungen vernachlässigbarer ist als anderswo an diesem Kontinentalhang.

Anhand der Proben und Daten von MSM101 sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

I. Unterstützen die Wassermassenveränderungen vor Nova Scotia die Hypothese eines verminderten LC- und stärkeren NAC-Einflusses, der mit einer Schwächung der AMOC während sehr warmer Klimaintervalle im Holozän und parallel zur postglazialen Erwärmung einhergeht?

II. Ist die holozäne Klimavariabilität auf kürzeren Zeitskalen vor Nova Scotia ähnlich zu den Veränderungen in der westlichen Labrador See und zu denen, die für die STG im westlichen Nordatlantik dokumentiert sind? Wenn ja, können wir einen zeitlichen Versatz in der Entwicklung zwischen dem Nova Scotia Slope Water und den ursprünglichen Wassermassen erkennen? Stand zum Beispiel die Abkühlung in der Labrador See während der letzten 2-3 Jahrtausende im Gegensatz zur Erwärmung des Tiefenwassers in SPG und STG, die im Golfstrom vor Nova Scotia zu erkennen sein sollte?

material fluxes by paleoceanographic proxy records. They are characterized by an enhanced continental material supply from the Gulf of St. Lawrence and Gulf of Maine, trapped as thick Deglacial to Holocene sediment sequences in the inner shelf basins and in morphological depressions or channel-levée systems on the upper slope, mainly forming terrigenous to hemipelagic muds, silty sands, or sands with a pelagic component from marine biological productivity. Existing old sediment cores and sediment echosounder data already indicate where sediment erosion by current activity or due to sliding and slumping is more negligible than elsewhere on this margin.

Based on the samples and data collected during MSM101 we aim to answer the following questions:

I. Do water mass changes off Nova Scotia support the hypothesis of diminished LC and stronger NAC influence associated with weakening of the AMOC during very warm climate intervals during the Holocene and parallel to Postglacial warming?

II. Is Holocene climate variability at decadal to centennial time scales off Nova Scotia similar to changes in the western Labrador Sea and to those documented for the STG in the western North Atlantic? If yes, can we detect leads and lags in the evolution between Nova Scotia slope waters and the source regions of the different water masses? For example, did cooling in the Labrador Sea during the last 2-3 millennia contrast with subsurface warming in the SPG and STG that should be detected in the Gulf Stream offshore Nova Scotia?

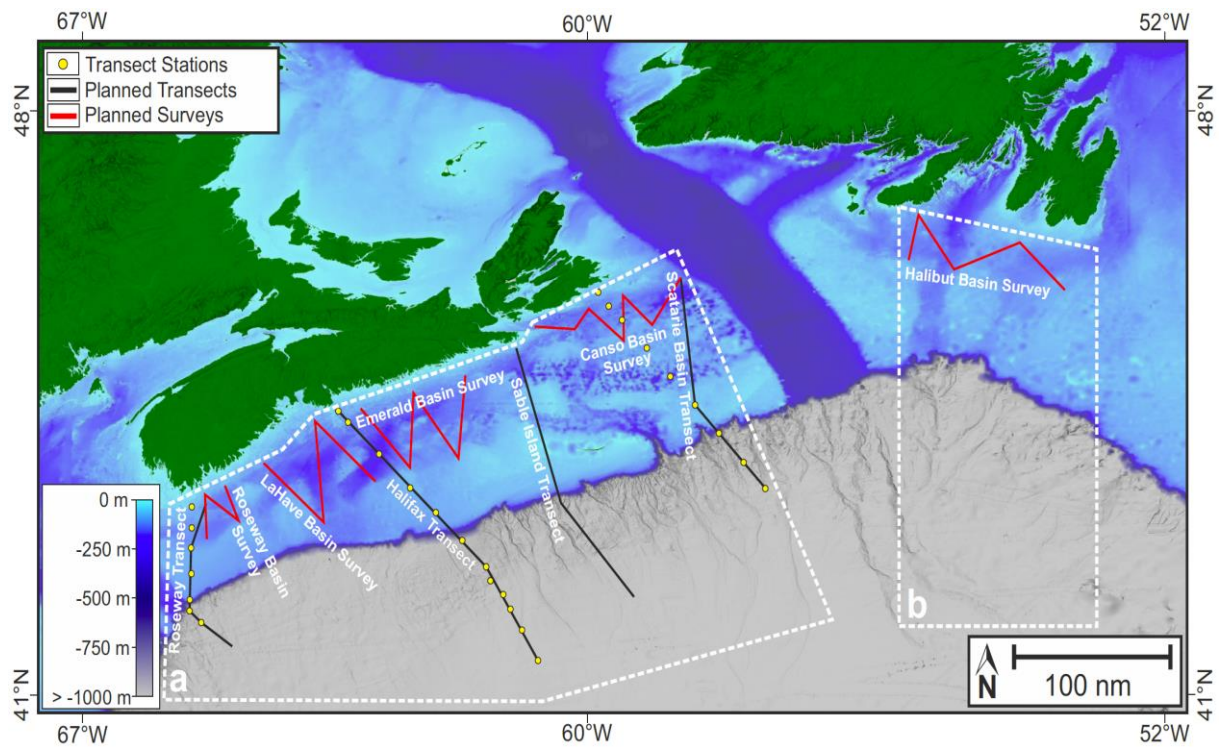


Abb. 2 Die Arbeitsgebiete a und b von Expedition MSM101 auf dem Schelf und am Schelfrand von Nova Scotia und Neufundland. Rote und schwarze Linien kennzeichnen die geplanten Vermessungsprofile für die geologischen Kernstationen.

Fig. 2 The working areas a and b of cruise MSM101 on the shelf and the shelf margin off Nova Scotia and Newfoundland. Red and black lines mark the planned hydroacoustic surveys in order to identify the geological sampling stations.

Arbeitsprogramm

Aufgrund der starken Strömung und der kleinräumigen Variabilität der Schelfbecken-topographie ist im Arbeitsgebiet eine große räumliche Heterogenität in den Ablagerungsbedingungen bekannt. Basierend auf detaillierter hydroakustischer Kartierungen werden die mächtigsten und kontinuierlichsten holozänen Sedimentabfolgen identifiziert, um dort geologische Beprobungen durchzuführen. Ziel ist es, holozäne Sedimente mit Multicorer, Großkastengreifer und Schwerelot an etwa 16 Lokationen in Wassertiefen zwischen 150 und 250 m auf dem Schelf zu gewinnen. Entlang der Schelf-Kontinentalhang-Transekte im Arbeitsgebiet a) und am Kontinentalhang in Arbeitsgebiet b) wird erwartet, an etwa acht verschiedenen Stellen Sedimente postglazialen bis holozänen Alters zu beproben. An den Lokationen am Kontinentalhang in Wassertiefen zwischen 1500 und 4500 m sollen Sedimentsequenzen gekernt werden, die nach Möglichkeit kontinuierlich bestimmte Zeitintervalle repräsentieren, um am Ende den gesamten Zeitraum von etwa 19.000 BP bis in die Neuzeit abdecken zu können. Daraus soll eine zusammenhängende Rekonstruktion von Klima- und Wassermassenvariationen auf dem Scotian Margin in hoher zeitlicher Auflösung erstellt werden.

Multicorer- und Schwerelotkerne werden an Bord aufgeschnitten, fotografiert und beschrieben. MUC-Kerne werden in cm-Schritten beprobt und die Schwerelotkerne in 1-m-Abschnitte geschnitten, in Archiv- bzw. Arbeitshälften geteilt und in Probenbehälter verpackt. An Land werden verschiedene analytische Methoden angewandt, um moderne und vergangene Wassermassen zu charakterisieren. Dazu gehören Alkenonenverhältnisse, stabile O- und C-Isotope, Mg/Ca- und Ba/Ca-Verhältnisse an planktonischen Foraminiferen für die Rekonstruktion vergangener Oberflächentemperaturen, Salzgehalte und Thermoklinenstrukturen. Stabile O- und C-Isotope sowie Mg/Ca-Verhältnisse und Zählungen von benthischen Foraminiferen, zusammen mit radiogenen Isotopen aus Sedi-

Work Programme

Careful and detailed hydroacoustic mapping prior to geological station selection will be the essential prerequisite to identify the thickest and most continuous Holocene sediment sequences due to large spatial heterogeneity in depositional settings given the strong current flow and small-scale variability in shelf basin topography. We will retrieve Holocene sediments with multicorer, giant box, and gravity corer deployments at about 16 locations at water depths between 150 and 250 m on the shelf. Along the cross-shelf-slope transects in working box a) and on the slope in working box b) we expect to recover different time intervals of Postglacial to Holocene age at about 8 different sites. At the slope sites in water depths between 1500 and 4500 m our strategy is to sample different sediment sections covering more or less continuously certain time intervals, that at the end will allow to obtain stacked records for the entire period from about 19.000 BP to Modern. This approach should allow at the end to produce sub-centennial to millennial scale paleorecords of climate and water mass variability on the Scotian Margin. Multicorers and gravity cores will be splitted, photographed, and described.

MUC cores will be sliced in cm slides and the gravity cores cutted in 1-m sections of archive and work halves, respectively, and packed in sample holders. Onshore various analytical methods will be applied to characterize modern and past water masses. These will comprise alkenone unsaturation ratios, stable O and C isotopes, Mg/Ca and Ba/Ca ratios of planktonic foraminifera for the reconstruction of past surface ocean temperatures, salinities, and thermocline structure. Stable O and C isotopes, as well as Mg/Ca ratios and counts of benthic foraminifera, together with radiogenic isotopes from sediment leachates and/or foraminiferal coatings, will be used to infer changes in deeper water masses. Specific organic compounds and their isotopic composition, as well as for N, C, Si in combination with redox-sensitive trace elements will help to estimate changes

menten und/oder Ablagerungen auf Foraminiferen, werden verwendet, um Veränderungen im Tiefenwasser zu rekonstruieren. Spezifische organische Verbindungen und deren Isotopenzusammensetzung, sowie N, C, Si in Kombination mit redox-sensitiven dienen der Abschätzung von Veränderungen in der marinen Produktivität, der Ventilation und dem Eintrag von terrigenem organischem Material. Durch Wasserstoffisotope an Alkenonen und n-Alkanen sollen Änderungen in der Beimischung der verschiedenen Wassermassen bzw. des hydrologischen Zyklus rekonstruiert werden.

in marine productivity, ventilation, and input of terrigenous organic matter. Hydrogen isotopes on alkenones and n-alkanes will reflect changes in the admixture of the different water masses and the hydrological cycle, respectively.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise MSM101**

	Tage/days
Auslaufen von Emden (Deutschland) am 12.06.2021 <i>Departure Emden (Germany) 12.06.2021</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	10
Arbeitsgebiet b vor Neufundland / <i>Working Box b off Newfoundland</i> Schelf Becken und Hang Transekt / <i>Shelf basin and cross-shelf slope transect</i>	4
Arbeitsgebiet a vor Neuschottland / <i>Working Box a off Nova Scotia</i> Schelf Becken und Hang Transekte / <i>Shelf basins and cross-shelf-slope transects</i>	12
Transit zum Hafen Emden <i>Transit to port Emden</i>	10
	Total 36
Einlaufen in Emden (Deutschland) am 20.07.2021 <i>Arrival at the port of Emden (Germany) 20.07.2021</i>	

Wissenschaftliches Programm

Tiefseekanäle wurden aus wissenschaftlichem und wirtschaftlichem Interesse untersucht; die meisten dieser Kanäle entwickelten sich im Rahmen großer fluvialer Systeme und damit verbundener Fächerkomplexe. Die größten Systeme findet man vor den Mündungen von großen Flüssen und in Fächerkomplexen (z. B. Zaire-Fächer, Indus-Fächer, Bengal-Fächer, Amazonas-Fächer). Der NAMOC Tiefseekanal in der Labradorsee entspringt nicht einem fluvialen System und ist nicht Teil eines konventionellen Tiefseefächers, ist aber mit ~4000 km Länge der längste bekannte Tiefseekanal. Dennoch ist der NAMOC nach heutigen Maßstäben noch relativ schlecht vermessen und wenig erforscht. Wenig ist über seine Bedeutung im Kontext der Erdgeschichte bekannt.

Der NAMOC bietet eine seltene Gelegenheit, mehrere Schlüsselprobleme im Zusammenhang mit submarinen Trübeströmen zu untersuchen. Das übergeordnete Ziel Expedition MSM102 ist es, Daten zu gewinnen, die es ermöglichen, die zahlreichen Prozesse zu untersuchen, die für die Entwicklung submariner Kanalsysteme und insbesondere des NAMOC sowie den Transport von Sedimenten (und Nährstoffen) vom Land in die Tiefsee relevant sind. Hochwertige Daten werden die Rekonstruktion grundlegender Eigenschaften von Trübeströmen (z.B. Mächtigkeit, Geschwindigkeit und Konzentration) ermöglichen, die für die Abschätzung der Rolle dieses Sedimentweges und der Reaktion des Systems auf das Abschmelzen des nordöstlichen nordamerikanischen und grönländischen Eisschildes entscheidend sind.

Spezifische Ziele sind:

- 1) Wie hat sich der NAMOC im Laufe der Zeit entwickelt und wie hängt dies mit der Dynamik der Eisschilde auf dem Kanadi-schen Schild und Grön-

Scientific Programme

Deep sea channels have been studied for their scientific and economic interests; most of these channels developed within the framework of large fluvial systems and associated fan complexes. The largest systems correspond with the largest rivers and largest fan complexes (e.g., Zaire Fan, Indus Fan, Bengal Fan, Amazon Fan). The NAMOC of the Labrador Sea does not emanate from a fluvial system, and did not form within a conventional deep water fan but it is the longest known deep sea channel at ~4000 km in length. However, NAMOC remains relatively poorly surveyed and understood by modern standards. Little is known about its significance in context of Earth's history.

NAMOC offers a rare opportunity to examine several key problems related to submarine flow processes. The overarching objective of cruise MSM102 is to acquire data that will enable investigations of the numerous processes relevant for the evolution of submarine channel systems and in particular the NAMOC, and its role in sediment (and nutrient) transport from land to the deep sea. High quality, modern data will support quantitative reconstruction of fundamental flow properties (e.g. thickness, speed and concentration) that are critical for estimation of the role of this sedimentary pathway and the response of the system to deglaciation of the northeastern North American and Greenland ice sheets.

Specific objectives are:

- 1) *How did the NAMOC develop over time and how does this link with ice-sheet dynamics on Canadian Shield and Greenland? This*

land zusammen? Dieses Ziel beinhaltet in erster Linie die Analyse von seismischen Daten, um die langfristige stratigraphische Entwicklung des NAMOC zu rekonstruieren. Sedimentkerne werden genommen, um Sedimentationsraten und Liefergebiete zu bestimmen.

2) Welchen grundlegenden Charakter haben die Trübestrome, die das längste bekannte Kanalsystem der Welt generiert haben? Detaillierte bathymetrische Vermessungen und Informationen aus gut positionierten Sedimentkernen werden verwendet, um festzustellen, wie sich die Ablagerung von Turbiditen mit der Höhe vom Kanaltalweg ändert. Quantitative morphologische Parameter werden verwendet, um grundlegende Eigenschaften der Trübestrome wie Dicke, Geschwindigkeit und Sedimentkonzentration zu rekonstruieren.

3) Wie verändert sich der Einfluss der Corioliskraft über die Länge des Systems? Selten erstrecken sich Kanäle über einen solchen latitudinalen Bereich (mehr als 20°) wie der NAMOC. Dies ist eine einmalige Gelegenheit, die kontroverse Hypothese zu testen, dass Coriolis die dominante Kraft ist, die die Sinuität, die Mäander und die Konfiguration der Uferwälle kontrolliert. Durch die Vermessung von Kanalschlaufen und Uferwällen an mehreren Stellen entlang des Kanals können wir den Einfluss der Coriolis auf dasselbe Kanalsystem bei unterschiedlichen Breiten feststellen.

4) Bedeutet die Größe und Langlebigkeit des NAMOC, dass er eine effektive Kohlenstoffsenke ist? Dazu werden Sedimentkerne auf Alter und Gehalt an organischem Kohlenstoff analysiert, um den Sedimentfluss in dem NAMOC im Laufe der Zeit zu ermitteln und zu verstehen, wie viel organischer Kohlenstoff dort gebunden wurde. Ist die Menge vergleichbar mit anderen großen Kanalsystemen in Bezug auf die Sequestrierung von organischem Kohlenstoff?

objective primarily involves analysis of seismic data to establish the long-term stratigraphic development of the NAMOC. Sediment cores will be used to establish sedimentation rates and provenance.

2) What was the fundamental character of the flows that produced the longest known channel system in the world? This objective will use detailed bathymetry and deposits from precisely located sediment cores to establish how turbidite deposition changes with elevation from the channel thalweg. Quantitative morphological elements will be used to reconstruct fundamental parent flow properties such as thickness, speed and sediment concentration.

3) How does the influence of Coriolis change along the length of the system? Rarely do channels extend over such latitudinal range (more than 20°) as the NAMOC. As such, it is a unique opportunity for us to test recent controversial work that argues Coriolis is the dominant force controlling peak channel sinuosity, channel meanders and channel levee configuration. By measuring channel bend radii and levee architectures at several locations along the channel, we can establish its influence on the same channel system at different latitudes.

4) Does the size and longevity of the NAMOC mean it is an effective carbon sink? This objective will analyse sediment cores for age and organic carbon content to establish a sediment flux into the NAMOC over time and understand how much organic carbon has been sequestered. Is it comparable to other large channel systems in terms of carbon sequestration?

5) Welchen Einfluss wird die zukünftige Erwärmung vermutlich auf den NAMOC und IMOC haben? Der IMOC (Imarssuaq Mid-Ocean Channel) ist der einzige bekannte große östliche Zufluss, der bei $\sim 56^\circ\text{N}$ in den NAMOC mündet und Sedimente aus Grönland in den NAMOC einbringt. Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen der NAMOC-Stratigraphie und der vergangenen Eisschilddynamik wird es uns ermöglichen, die Auswirkungen der heutigen globalen Erwärmung auf das Kanalsystem vorherzusagen. Wird ein verstärktes Schmelzen des Grönlandeises eine erhöhte Turbiditaktivität auslösen oder den Verlauf der Kanäle verändern?

Um diese Ziele zu erreichen, werden wir die Architektur und Struktur des NAMOC kartieren. Die zu berücksichtigenden Parameter umfassen: 1) die Quantifizierung der Entwicklung von Kanal- und Thalwegbreiten und -tiefen entlang des Kanals, 2) die Dynamik und Dimensionen von Mäanderschleifen, 3) die Höhen und Breiten von sich entwickelnden Uferwällen, Bodenformen, Knickpunkten und Kolken, die die hydraulische Strömungsdynamik beeinflussen, und 4) die Datierung von Sedimentablagerungen, um den chronostratigraphischen Rahmen zu erstellen.

Aufgrund der Länge des NAMOC ist es nicht möglich, das gesamte System in einer einzigen Expedition zu vermessen, aber wir sind zuversichtlich, dass wir Schlüsselabschnitte des Kanals vermessen werden, die es ermöglichen, die oben genannten Ziele zu erreichen.

5) What impact will future warming likely have on the NAMOC and IMOC? IMOC (Imarssuaq Mid-Ocean Channel) is the only known major eastern tributary channel merging with the NAMOC at $\sim 56^\circ\text{N}$ contributing sediments from Greenland into the NAMOC. Understanding the links between NAMOC stratigraphy and past ice-sheet dynamics allows us to predict what the impact of modern day global warming may be on the channel system. Will increased Greenland ice melt change the nature of geohazards across these channels, trigger increased flow activity, or change the course of the channels?

To achieve these objectives, we will map the architecture and structure of the NAMOC. Metrics to consider include: 1) quantification of the evolution of channel and thalweg widths and depths down axis, 2) the dynamics and dimensions of meander bends, 3) the heights and widths of developing levees, bedforms knickpoints, and scours that affected hydraulic flow dynamics, and 4) date sedimentary deposits to establish the chronostratigraphic framework.

Due to the large scale of NAMOC, it is not possible to survey the complete system in a single expedition but we are confident that we will survey key sections of the channel allowing to address the objectives mentioned above.

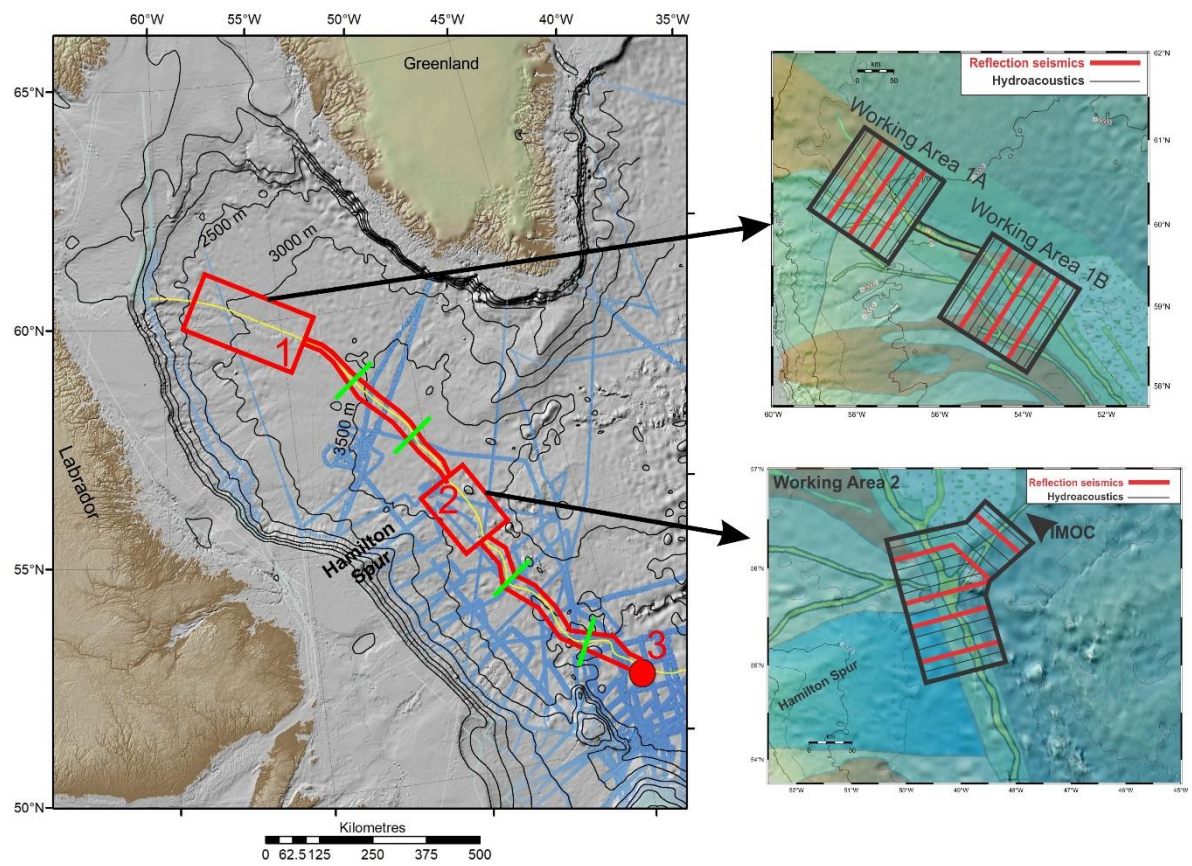


Abb. 3 Das Arbeitsgebiet der MERIAN Expedition MSM102.

Fig. 3 The working area of MERIAN cruise MSM102.

Arbeitsprogramm

Die folgenden Systeme werden eingesetzt: Hochauflösende Reflexionsseismik, Hydroakustik (Multibeam und Parasound), Schwerlot und Großkastengreifer.

Wir werden in drei Gebieten arbeiten.

1) Ein Schwerpunktgebiet wird im nordöstlichen Bereich der Labrador See liegen, am Zusammenfluss zahlreicher Kanäle, die zum Hauptkanal des NAMOC werden. Wir haben dieses Gebiet in zwei Boxen unterteilt, um verschiedene Abschnitte abzubilden. Gebiet 1A befindet sich in Wassertiefen von weniger als 3000 m am Kontinentalhang. Bereich 1B befindet sich weiter hangabwärts in Wassertiefen von mehr als 3000 m. Beide Bereiche sind wichtig für den Vergleich mit anderen Systemen (z.B. großen fluvialen Systemen). Eine detaillierte, 100%ige Abdeckung des Meeresbodens mit Fächerecholotdaten, hochauflösender Reflexionsseismik- und Sedimentecholotdaten sowie geologische Beprobungen in beiden Teilgebieten sind geplant, um Morphologie und Stratigraphie in diesem wichtigen Gebiet zu untersuchen.

2) Ein zweites Schwerpunktgebiet wird direkt seewärts der Hamilton Spur liegen. Diese Struktur stellt ein Driftkörper (Kon-turrit) dar. Außerdem befindet sich in diesem Bereich der Zusammenfluss mit dem IMOC. Einerseits soll das Zusammenspiel des Wachstums des Driftkörpers und des NAMOC untersucht werden. Es ist geplant, das relative Alter der Strukturen zu bestimmen. Andererseits erlaubt der Standort die Untersuchung des Einflusses des Grönlandrandes durch die Abdeckung des IMOC. Der IMOC ist der einzige bekannte östliche große Zufluss des gesamten Systems. Eine 100%ige Abdeckung des Meeresbodens mit Fächerecholotdaten ist geplant. Die Vermessung wird durch hochauflösende reflexionsseismische Aufnahmen, Sedimentecholotdaten und Probenahmen ergänzt.

3) Das dritte Vermessungsziel ist die Aufzeichnung von bathymetrischen Fächerecholotdaten entlang der Achse des Hauptkanals,

Work Programme

The following systems will be used: High-resolution reflection seismics, Hydroacoustics (Multibeam and Parasound), Gravity and Giant Box coring.

We will survey three principal study areas.

1) One focus area will be at the northern reaches of the Labrador Sea, at the confluence of numerous slope channels that form the single main channel of NAMOC. We subdivided this area into two boxes in order to image different sections of the confluence zone. Area 1A is located in water depths shallower than 3000 m on the continental slope. Area 1B is located further downslope in water deeper than 3000 m. Both areas are important for comparison with other systems (e.g. large fluvial systems). Detailed, 100% seafloor coverage of multibeam data, high-resolution-reflection seismic and subbottom profile data as well as cores in both subareas will allow assessment of the morphology and stratigraphy at this critical juncture.

2) A second focus area will be just seaward of Hamilton Spur. This spur is a detached drift (contourite) that is a major feature of the margin. In addition, this is the area of the IMOC junction. On the one hand, this site is chosen to study the interplay of the growth of the detached drift and NAMOC. It is planned to determine the relative ages of the features, depending on infill. On the other hand, the site allows investigating the influence of the Greenland margin by covering the IMOC. The IMOC is the only known major eastern tributary of the entire system. 100% coverage of the seafloor with multibeam data is planned and complemented by high-resolution reflection seismic imaging, subbottom profiling and sampling.

3) The third survey objective is to acquire multibeam bathymetric data on transit to and from the study areas following the axis of the

um so viel wie möglich vom nördlichen Teil des NAMOC zu erfassen. Das Ziel ist es, Informationen über die Morphologie des Hauptkanals zu erhalten, um Mäander, Höhe der Uferwälle und die Morphologie des Thalwegs zu untersuchen. Diese Informationen sind wichtig, um die Entwicklung der Strömungsdynamik im Kanal zu beurteilen und um die Bedeutung anderer ozeanographischer Einflüsse, wie z.B. der Corioliskraft, zu bewerten. Die Vermessung wird notwendigerweise entlang der Achse erfolgen, aber die zwei geplanten Profile werden auf entgegengesetzten Seiten des Kanals durchgeführt, um Schattenzonen aufgrund der steilen Kanalwände zu minimieren. Darüber hinaus planen wir vier zusätzliche Querschnitte mit dem hochauflösenden seismischen System vor, um die Uferwallstruktur in unterschiedlichen Abständen entlang des NAMOC-Hauptkanals abzubilden.

4) Unabhängig vom NAMOC-Kanalprogramm werden wir Argo-Floats auf dem Transit von Emden zum Arbeitsgebiet aussetzen.

main channel in order to survey as much of the northern portion of NAMOC as possible. The intent is to provide information of the morphology of the main channel to investigate scales of meander, levee heights and the thalweg morphology. This information is critical to assess the evolution of flow dynamics down channel, as well as to assess the importance of other oceanographic influences, such as Coriolis Force. Survey orientation will, by necessity, follow along axis, but seaward and homeward transits will be conducted on opposite sides of the channel, thereby minimizing shadow zones due to the steep channel walls. In addition, we plan four additional cross sections with the high-resolution seismic system in order to image the levee architecture at different distances along the main NAMOC channel.

4) Not related to the NAMOC channel programme, we will deploy Argo Floats on the transit from Emden to the working area.

Zeitplan / Schedule

Fahrt / Cruise MSM102

	Tage/days
Auslaufen von Emden (Deutschland) am 23.07.2021 <i>Departure from Emden (Germany) 23.07.2021</i>	
Transit nach St. Johns / <i>Transit to St Johns</i>	9
Bunkern in St. Johns / <i>Bunkering St. Johns</i>	1
Aussetzen von Floats / <i>Deployment of floats</i>	0.5
Transit zum Arbeitsgebiet 3 / <i>Transit to Working Area 3 (NAMOC survey)</i>	2
Hydroakustische Kartierung Arbeitsgebiet 3 <i>Hydroacoustic mapping Working Area 3</i>	6
Seismische Vermessung Arbeitsgebiet 3 <i>Seismic surveying Working Area 3</i>	1
Geologische Beprobung (4 Stationen) Arbeitsgebiet 3 <i>Coring (4 stations) Working area 3</i>	1
Arbeitsgebiet 2 / <i>Working area 2 (Hamilton Spur)</i>	
Hydroakustische Kartierung Arbeitsgebiet 2 <i>Hydroacoustic mapping Working Area 2</i>	2.5
Seismische Vermessung Arbeitsgebiet 2 <i>Seismic surveying Working Area 2</i>	3
Geologische Beprobung (6 Stationen) Arbeitsgebiet 2 <i>Coring (6 stations) Working area 2</i>	1.5
Arbeitsgebiet 1 / <i>Working area 1 (Channel Confluence)</i>	
Hydroakustische Kartierung Arbeitsgebiet 2 <i>Hydroacoustic mapping Working Area 2</i>	6
Seismische Vermessung Arbeitsgebiet 2 <i>Seismic surveying Working Area 2</i>	4
Geologische Beprobung (6 Stationen) Arbeitsgebiet 2 <i>Coring (6 stations) Working area 2</i>	2.5
Transit zum Hafen Emden <i>Transit to port Emden</i>	8
Total	48
Einlaufen in Emden (Deutschland) am 09.09.2021 <i>Arrival in Emden (Germany) 09.09.2021</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

**Bedford Institute of Oceanography/
Geological Survey of Canada (BIO)**

1 Challenger Dr.
Dartmouth, NS
Canada B2Y 4A2

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)

Institut für Geowissenschaften
Otto-Hahn-Platz 1
D-21118 Kiel

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)

Geoscience Institute
Ludewig-Meyn Straße 10
D-24118 Kiel

Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE)

Tulpenfeld 6
D-53111 Bonn

DAL

Department of Oceanography, Dalhousie University
1355 Oxford Street
PO Box 15000 Halifax
Nova Scotia, B3H 4R2/ Canada

GEOMAR

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

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 Fahrtpassung 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.

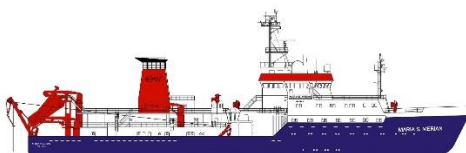
R/V „MARIA S. MERIAN“ is owned by the Federal State of Mecklenburg-Vorpommern, represented by the Ministry of Education, Science and Culture. The construction of the vessel was financed by the Federal States of Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern and Schleswig-Holstein as well as by the Ministry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

Cruises No. MSM101 - MSM102

12.06.2021 - 09.09.2021



***Sediment Transport in the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel (NAMOC),
Labrador Sea***

Paleoclimate and Biogeochemistry at the Nova Scotia Margin (NOVAMAR)

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