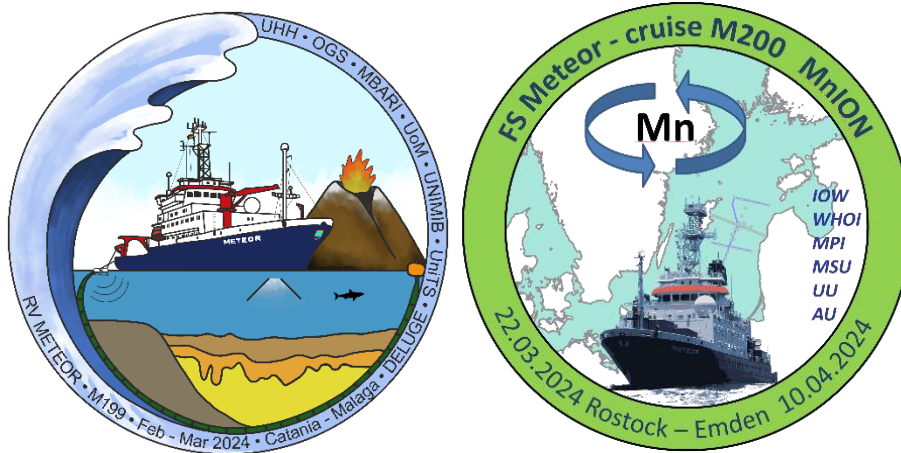


Forschungsschiff

METEOR

Reisen Nr. M199 - M200

25. 02. 2024 - 10. 04. 2024

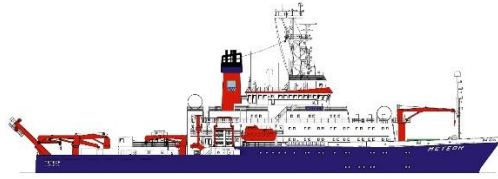


**Erosions- und Ablagerungssignaturen der Zanclean-Megaflut
im zentralen Mittelmeerraum, DELUGE**

**Biochemische Kopplung des Mangan-Kreislaufs
über Redoxklinen in der Ostsee, MnION**

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

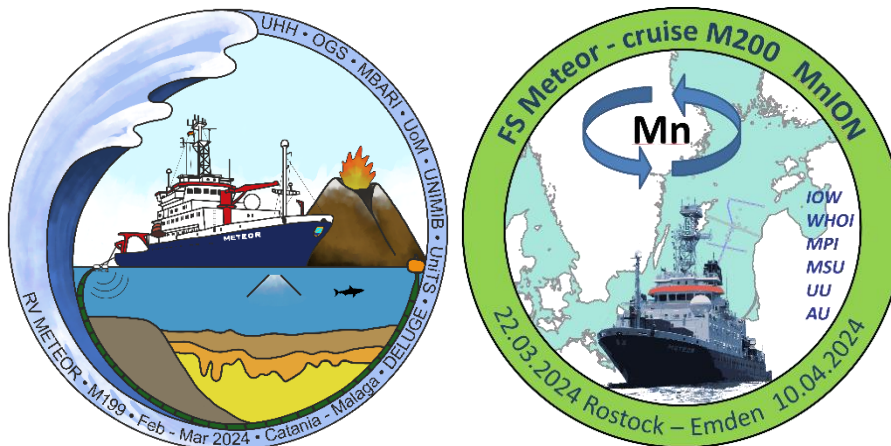


Forschungsschiff / Research Vessel

METEOR

Reisen Nr. / Cruises No. M199 - M200

25. 02. 2024 - 10. 04. 2024



**Erosions- und Ablagerungssignaturen der Zanclean-Megaflut
im zentralen Mittelmeerraum, DELUGE**

*Erosional and depositional signatures of the Zanclean megaflood
in the central Mediterranean Basin, DELUGE*

**Biochemische Kopplung des Mangan-Kreislaufs
über Redoxklinen in der Ostsee, MnION**

*Elemental coupling of manganese cycling
across redoxclines of the Baltic Sea, MnION*

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
Institut für Geophysik
Universität Hamburg
Bundesstraße 55
D-20146 Hamburg

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

Dr. Volker Mohrholz

Physical Oceanography and Instrumentation
Leibniz-Institute for Baltic Sea Research,
Warnemünde
Seestraße 15
D-18119 Rostock

Telefon: +49 381 5197-198
Telefax: +49 381 5197-440
E-Mail: volker.mohrholz@io-warnemuende.de

http: www.io-warnemuende.de

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

Institut für Geologie
Universität Hamburg
Bundesstraße 55
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 42838-3640
Telefax: +49 40 4273-10063
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.de

GPF-Geschäftsstelle

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

E-Mail: gpf@dfg.de

Forschungsschiff / *Research Vessel* METEOR

Vessel's general email address

meteor@meteor.briese-research.de

Crew's direct email address

n.name@meteor.briese-research.de

Scientific general email address

chiefscientist@meteor.briese-research.de

Scientific direct email address

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

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 Reisen / Cruises M199 - M200

25. 02. 2024 - 10. 04. 2024

**Erosions- und Ablagerungssignaturen der Zanclean-Megaflut
im zentralen Mittelmeerraum, DELUGE**

*Erosional and depositional signatures of the Zanclean megaflood
in the central Mediterranean Basin, DELUGE*

**Biochemische Kopplung des Mangan-Kreislaufs
über Redoxklinen in der Ostsee, MnION**

*Elemental coupling of manganese cycling
across redoxclines of the Baltic Sea, MnION*

Fahrt / Cruise M199

25.02.2024 - 11.03.2024

Catania (Italien) - Malaga (Spanien)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*:

Prof. Dr. Christian Hübscher

Fahrt / Cruise M200

22.03.2024 - 10.04.2024

Rostock (Deutschland) - Emden (Deutschland)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*:

Dr. Volker Mohrholz

Koordination / *Coordination*

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

German Research Fleet Coordination Centre

Kapitän / *Master* METEOR

M199 Derk-Ude Apetz

M200 Detlef Korte

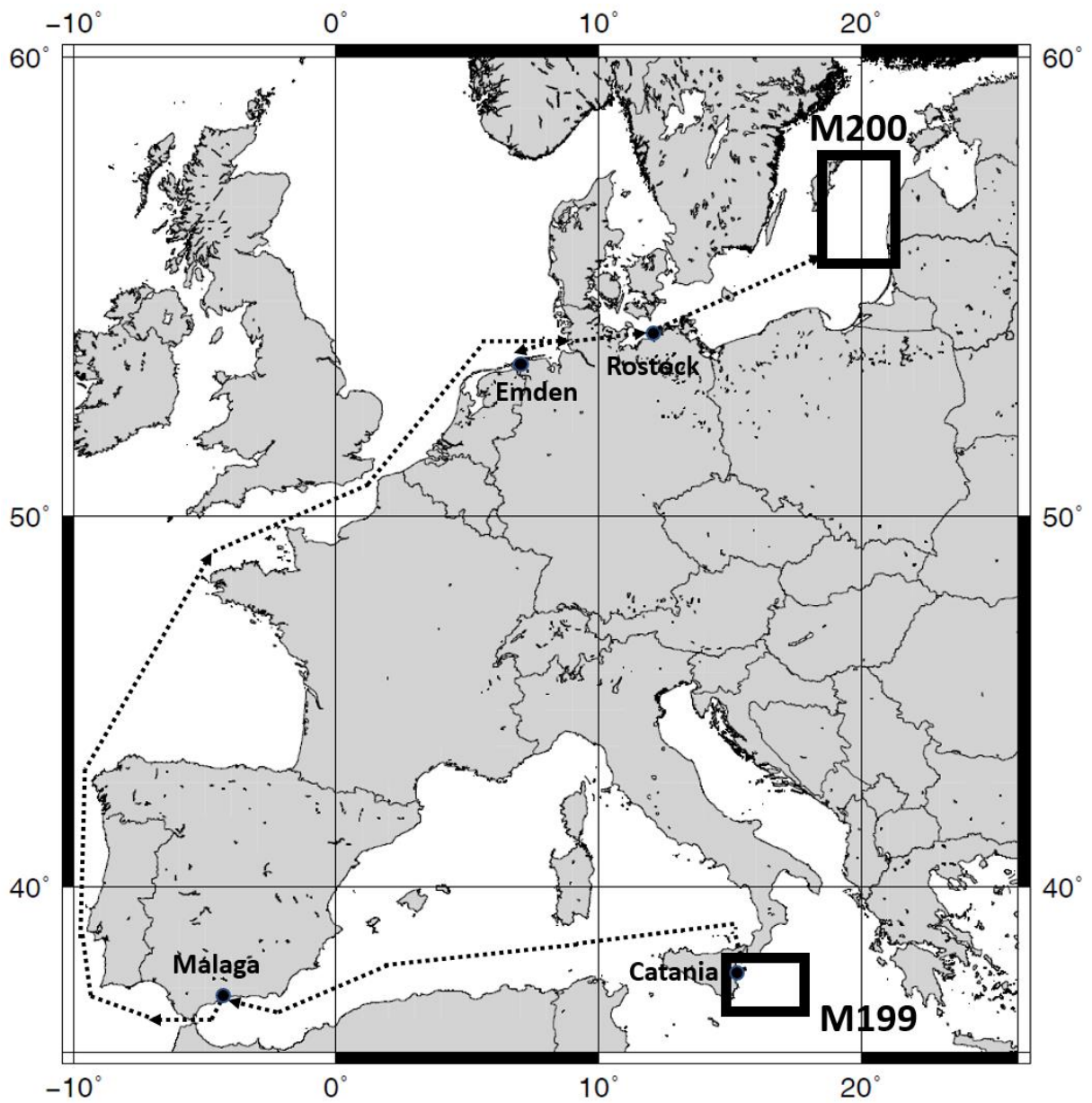


Abb. 1 Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der METEOR Expeditionen M199 – M200.

Fig. 1 Planned cruise tracks and working areas of METEOR cruises M199 – M200.

Übersicht

Fahrt M199

Vor 6 Millionen Jahren erlebte das Mittelmeer eine Periode der Isolierung vom globalen Ozean, die Messinische Salinitätskrise (MSC), die aufgrund von Verdunstung und weitreichenden Salzablagerungen zu einer km-langen Meeresspiegelabsenkung geführt haben soll. Das Ende dieser Krise wird als Flutereignis interpretiert, das das Mittelmeer durch die Straße von Gibraltar wieder auffüllte: die Zanclean-Megaflut.

Diese Hypothese wird durch geophysikalische Beobachtungen, vor allem im westlichen Mittelmeerraum, gestützt. Eine 1500 km³ große Sedimentablagerung, die in seismischen Reflexionsprofilen im westlichen Ionischen Meer identifiziert wurde, wird als Ergebnis der Megaflut während eines Überlaufs vom westlichen ins östliche Mittelmeer interpretiert. Die Prüfung der Hypothese erfordert ein besseres Verständnis der Flutfließrichtung, der Abflussrate und der Entwicklungsstadien.

DELUGE wird geophysikalische Daten aus dem westlichen Ionischen Becken sammeln, um (i) den Verlauf der Zanclean-Megaflut abzuleiten und die Abflussrate zu quantifizieren, (ii) die wichtigsten Entwicklungsphasen der Megaflut zu rekonstruieren und (iii) eine einheitliche seismische Stratigraphie des westlichen Ionischen Meeres zu erhalten. Das Programm basiert auf Mehrkanalreflexionsseismik und benutzt eine 6 kJ Sparkerquelle und einen 300 m digitalen Mehrkanalstreamer während einer 10,6-tägigen Fahrt.

Die Datenerfassung wird sich auf dem Meeresboden ober- und unterhalb der Notochlucht sowie auf einen schmalen, nicht deformierten Rand des Ionischen Beckens zwi-

Synopsis

Cruise M199

6 million years ago the Mediterranean Sea underwent a period of isolation from the global ocean - the Messinian salinity crisis (MSC) - allegedly leading to a km-scale level drawdown by evaporation and widespread salt deposition. One of the competing scenarios for the termination of this crisis consists of a flooding event refilling the Mediterranean through the Strait of Gibraltar: the Zanclean megaflood.

This hypothesis is supported by geophysical and well observations, primarily in the western Mediterranean Basin. More recently, a 1500 km³ sedimentary deposit identified in seismic reflection profiles in the western Ionian Sea has been interpreted as the result of the Zanclean megaflood during an overflow from the western to the eastern Mediterranean. Validation of this scenario requires an improved understanding of the direction of flow of the megaflood, its discharge rate and evolutionary stages.

DELUGE will acquire geophysical data from the western Ionian Basin to: (i) infer the route of the Zanclean megaflood and quantify its discharge rate, (ii) reconstruct the key phases in the evolution of the Zanclean megaflood, and (iii) obtain a unified seismic stratigraphic framework across the western Ionian Sea. The work programme is based on the acquisition of high resolution multichannel seismic reflection profiles using a 6 kJ sparker source and 300 m long multi-channel digital streamer during a 10.6 day cruise.

Data collection will focus on the seafloor above and below Noto Canyon, and a narrow-undeformed edge of the Ionian Basin floor between the Malta Escarpment and the

schen dem Maltasteilhang und der Deformationsfront des Kalabrischen Bogens konzentrieren. Der analytische Ansatz besteht darin, eine seismische stratigraphische Verbindung zwischen den bestehenden und den vorgeschlagenen Bohrungen herzustellen und die Lage, Geometrie, Dimensionen und interne Architektur der unterirdischen Erosions- und Ablagerungsstrukturen zu bestimmen, die für die Megaflutereignisse repräsentativ sind.

Fahrt M200

Auf der Expedition M200 wird ein Forschungsteam aus deutschen und US-amerikanischen Wissenschaftlern eine umfassende Untersuchung der Verknüpfungen des Mangan(Mn)-Kreislaufes mit Redoxkreisläufen anderer Elemente in den sauerstofffreien Becken der Ostsee durchführen. Die Untersuchungen setzen die Arbeiten einer Expedition der FS Elisabeth Mann Borgese vom Sommer 2020 fort.

Auf M200 werden die biogeochemischen Prozesse, die dem Mn-Umsatz zugrunde liegen, an ausgewählten Stationen entlang der Redoxkline näher untersucht. Da die reaktive Mn-Phase primär in der suboxischen Zone zu erwarten ist, wird die Verknüpfung mit den Stickstoff-(N-), reaktiven Sauerstoffspezies-(ROS-) und Jodkreisläufen im Mittelpunkt stehen. Darüber hinaus werden wir Zusammenhänge mit den Schwefel- und Kohlenstoffkreisläufen erkunden.

Auf dieser METEOR Expedition M200 werden wir, von Rostock ausgehend, zwei ausgewählte Stationen im Gotlandbecken und Landsort- oder Fårötiefs intensiv beproben. Das Arbeitsprogramm beinhaltet Messungen hochauflösender Tiefenprofile physikalischer (Licht, Temperatur, Salinität) und geochemischer Redoxstruktur mit chemischer Speziierung ausgewählter Elemente, inklusive der Wasserprobennahme für chemische Analysen.

Mit Hilfe umfangreicher Inkubationen an Bord streben wir die Charakterisierung von

deformation front of the Calabrian Arc. The analytical approach entails establishing a seismic stratigraphic tie among existing and proposed wells, and constraining the location, geometry, dimensions and internal architecture of buried erosional and depositional structures representative of megaflood events.

Cruise M200

During the expedition M200, a team of German and US scientists will conduct an examination of the link between manganese (Mn) cycling and other elemental redox cycles in the Baltic Sea's oxygen-depleted basins. This work is linked to a cruise in summer 2020 on the R/V Borgese that first characterized the distribution and speciation of Mn throughout various basins within the Baltic Sea.

On M200 we will investigate the biogeochemical processes driving turnover of Mn at a subset of these stations, and will establish links between Mn redox cycling and other redox couples across the redoxcline. As the primary reactive Mn phases are predicted to exist within the suboxic zone, the focus will be on the links between nitrogen (N), reactive oxygen species (ROS), and iodine (I). We will also explore links between Mn and the sulfur and carbon cycle across these zones.

We will target microbial communities involved via culturing approaches, and aim to understand the physical and geochemical controls regulating these interactions. Starting from Rostock we will sample stations in the Gotland Basin and the Landsort or Fårö Deeps. This cruise will focus on two sites, where we will conduct high resolution profiling of physical and geochemical redox structure and chemical speciation of selected elements, including water sampling for laboratory analyses.

We will perform extensive shipboard incubations targeting rates of transformations, and

Prozessraten und die Anreicherung von Mikroorganismen an, die basierend auf Phototrophie oder durch Verknüpfung mit dem N- oder C-(Methan)Kreislauf, Mn Redoxumwandlungen katalysieren. Parallel werden wir den Effekt von Wassermassenmischung auf die gemessenen geochemischen Profile untersuchen.

Ziel der Arbeiten ist ein mechanistisches Verständnis der komplexen Redoxinteraktionen in den Redoxklinen der Ostsee und vergleichbarer mariner Systeme

enrich and culture microorganisms, e.g. phototrophic Mn oxidizing organisms, and microbes capable of coupling Mn redox changes to N and methane cycling. In parallel, water mass mixing on the measured geochemical distributions will be studied.

The overall goal is to achieve a mechanistic understanding of complex redox interactions in the Baltic redox transition zones, and comparable marine systems.

Wissenschaftliches Programm

Ziel der DELUGE-Ausfahrt ist es, eine Reihe von hochauflösenden seismischen Mehrkanalreflexionsprofilen zu gewinnen, die es uns ermöglichen, vergrabene Erosions- und Ablagerungssignaturen zu erkennen und zu charakterisieren, um das Szenario für die Megaflut im Zancleum während ihres Durchgangs vom westlichen zum östlichen Mittelmeerbecken zu validieren und ihre Entwicklungsphasen zu rekonstruieren.

Die spezifischen Ziele der Fahrt sind die folgenden:

Ziel 1: Rückschlüsse auf die Route der Zancleummegaflut zu ziehen und seine Abflussrate zu quantifizieren.

Arbeitshypothese: Die Megaflutströmungsrichtung war von West nach Ost mit Ursprung in Südost-Sizilien (nahe Noto) und erreichte eine Abflussrate von 140 Sv.

Herangehensweise: Lage, Geometrie und Ausmaße des großen Erosionskanals oberhalb der Notoschlucht sowie andere vergrabene Erosions- und Ablagerungsstrukturen werden aus der Interpretation der seismischen Reflexionsprofile des gesamten Schelfs abgeleitet. Mit Hilfe der Froudezahl und der Manninggleichungen soll der Abfluss der Megaflut abgeschätzt werden.

Ziel 2: Rekonstruktion der wichtigsten Phasen in der Entwicklung der Megaflut.

Arbeitshypothese: Die Megaflut bestand aus einer schnellen, vorrückenden und vorwiegend erosiven ersten Phase, gefolgt von einer langsameren, sich zurückziehenden und vorwiegend depositionellen zweiten Phase.

Herangehensweise: Die Lage, die Dimensionen, die innere Geometrie und das relative

Scientific Programme

The DELUGE cruise aims to acquire a set of high resolution multichannel seismic reflection profiles that will enable us to detect and characterise buried erosional and depositional signatures to validate the scenario for the Zanclean megaflood during its passage from the western to the eastern Mediterranean Basins and reconstruct its evolutionary stages.

The specific objectives of the cruise are the following:

Objective 1: To infer the route of the Zanclean megaflood and quantify its discharge rate.

Working hypothesis: The megaflood flow direction was from west to east, originating from SE Sicily (near Noto), and reaching a discharge rate of 140 Sv.

Approach: The location, geometry and dimensions of the large erosional channel upslope of Noto Canyon, as well as other buried erosional and depositional structures, will be derived from interpretations of the seismic reflection profiles from across the shelf. Froude number and Manning equations will be used to estimate the discharge of the megaflood.

Objective 2: To reconstruct the key phases in the evolution of the Zanclean megaflood.

Working hypothesis: The megaflood involved a fast, advancing and primarily erosional first phase, followed by a slower, retreating and predominantly depositional second phase.

Approach: The location, dimensions, internal geometry and relative age of erosional and

Alter von Erosions- und Ablagerungsstrukturen, die für Megaflut-Ereignisse repräsentativ sind (z.B. Rinnen, Megabars, Cliniformen, distale Lappen), werden aus der Interpretation seismischer Reflexionsprofile von der Basis des Malta Escarpment abgeleitet.

depositional structures representative of megaflood events (e.g. channels, megabars, cliniforms, distal lobes) will be derived from interpretations of seismic reflection profiles from the base of the Malta Escarpment.

Ziel 3: Erstellung eines einheitlichen seismischen stratigraphischen Rahmens für das westliche Ionische Meer.

Objective 3: To obtain a unified seismic stratigraphic framework across the western Ionian Sea.

Herangehensweise: Erstellung einer hochauflösenden seismisch-stratigraphischen Verbindung zwischen bestehenden und geplanten Bohrungen.

Approach: Establish a high resolution seismic stratigraphic tie among existing and proposed wells.

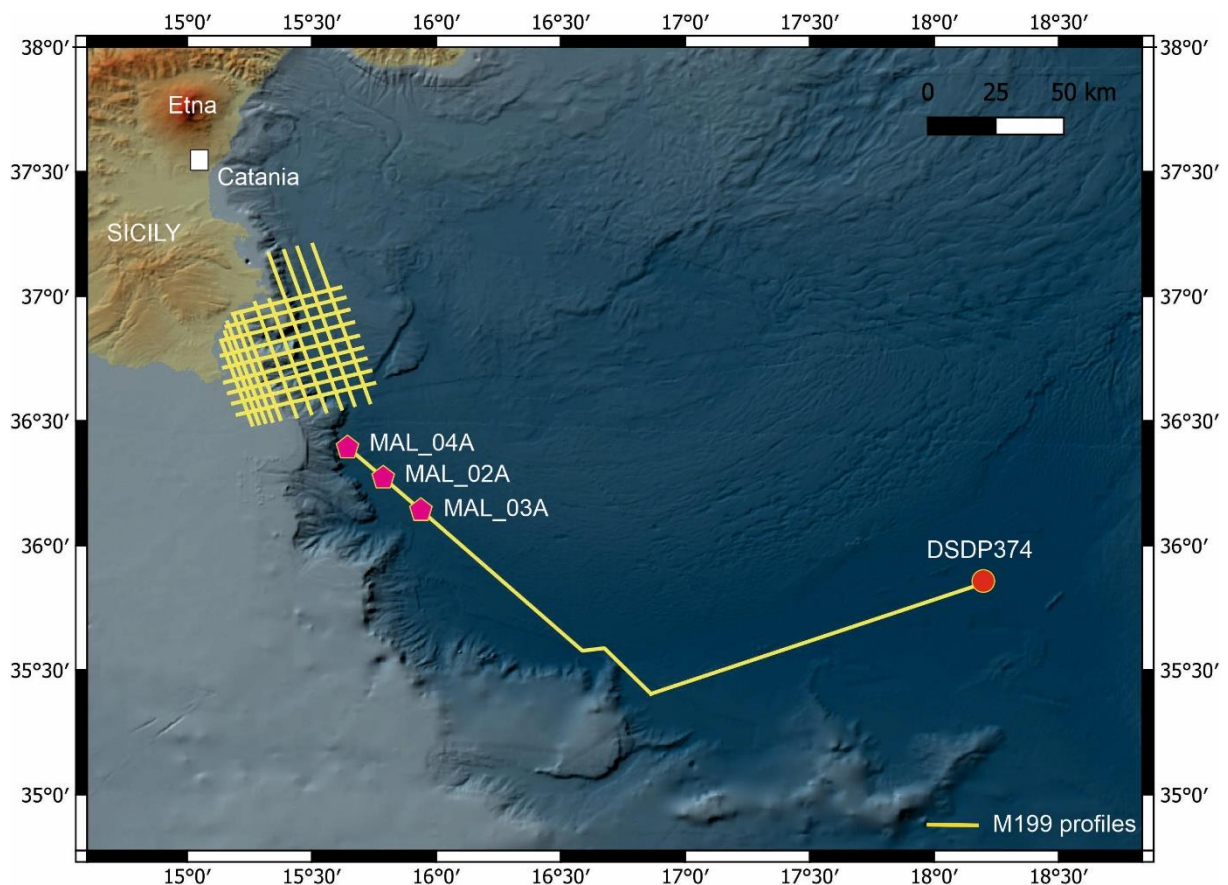


Abb. 2 Karte geophysikalischer Profile während der Expedition M199. MAL kennzeichnet geplante Bohrungen im Zuge des International Ocean Drilling Programms IODP³. DSDP374 markiert eine Bohrung des Deep Sea Drilling Programms.

Fig. 2 Map of geophysical profiles during expedition M199. MAL marks planned IODP drilling locations in course of International Ocean Drilling Programmes IODP³. DSDP374 marks a borehole of the Deep Sea Drilling Programme.

Arbeitsprogramm

Die Expedition beginnt mit einem 3-stündigen Transit in den nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets. In der ersten Phase (182 Stunden) der Fahrt wird ein Netz von seismischen Reflexionsprofilen über dem Malta Escarpment aufgenommen, das den Noto Canyon, den Kontinentalschelf oberhalb davon und die abyssale Ebene an seiner Basis (einschließlich des nordwestlichsten Abschnitts der abgeleiteten Megafloodlagerstätte) umfasst (Abbildung 2).

Nach einem 4,5-stündigen Transit werden in der zweiten Phase der Fahrt (24,3 Stunden) seismische Reflexionsprofile gesammelt, um eine seismische Verbindung zwischen den MAL-Bohrstellen des IODP-Vorschlags 875C herzustellen. Diese seismische Verbindung wird durch ein langes, zusammengesetztes Profil hergestellt, das dem schmalen, nicht geformten Rand des Bodens des Ionischen Beckens zwischen dem Malta Escarpment und der Deformationsfront des Kalabrischen Bogens folgt.

Die in der dritten Phase (20,1 h) gesammelten seismischen Reflexionsprofile werden eine Verbindung zwischen den MAL-Bohrstellen und der DSDP-Stelle 374 herstellen. Die Fahrt wird nach einer Transitzeit von 20 Stunden abgeschlossen sein. Während der Erfassung der seismischen Reflexionsprofile ist auch die Sammlung von Fächerecholotdaten geplant, die an EMODnet Bathymetry übermittelt werden.

Work Programme

The expedition will begin with a 3 h transit to the northern section of the study area. The first stage (182 h) of the cruise will entail the acquisition of a grid of seismic reflection profiles across the Malta Escarpment, targeting Noto Canyon, the continental shelf upslope of it, and the abyssal plain at its base (including the NW-most section of the inferred megaflood deposit) (Figure 2).

Following a 4.5 h transit, the second stage of the cruise (24.3 h) will collect seismic reflection profiles to establish a seismic tie among the MAL drill sites from IODP proposal 875C. This seismic tie will be provided by a long, composite profile that will follow the narrow-undeformed edge of the Ionian Basin floor between the Malta Escarpment and the deformation front of the Calabrian Arc.

The seismic reflection profiles collected in the third stage (20.1 h) will establish a tie between the MAL drill sites and DSDP Site 374. The cruise will be completed after a transit of 20 h. During seismic reflection profile acquisition, we also plan to collect multibeam echosounder data, which will be provided to EMODnet Bathymetry.

	Tage/days
Auslaufen von Catania (Italien) am 25.02.2024 <i>Departure from Port (Ital) 25.02.2024</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	0,2
Geophysikalische Profilmfahrt <i>Geophysical profiling</i>	10,5
Transit zum Hafen Malaga <i>Transit to port Malaga</i>	4,3
Einlaufen in Malaga (Spanien) am 11.03.2024 <i>Arrival in Malaga (Spain) 11.03.2024</i>	
	Total 15

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

DWD

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

IFG / CEN / UHH

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

MBARI

Monterey Bay Aquarium Research Institute
7700 Sandholdt Road, Moss Landing
California 95039
USA

UNIMIB

University of Milano-Bicocca.
Piazza dell'Ateneo Nuovo, 1
20126 Milano
Italia

UniTS

Università degli studi di Trieste
Piazzale Europa, 1
34127 Trieste TS
Italia

UoM

University of Malta
Msida MSD 2080
Malta

OGS

Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS
via Beirut n. 2
34151 Trieste
Italia

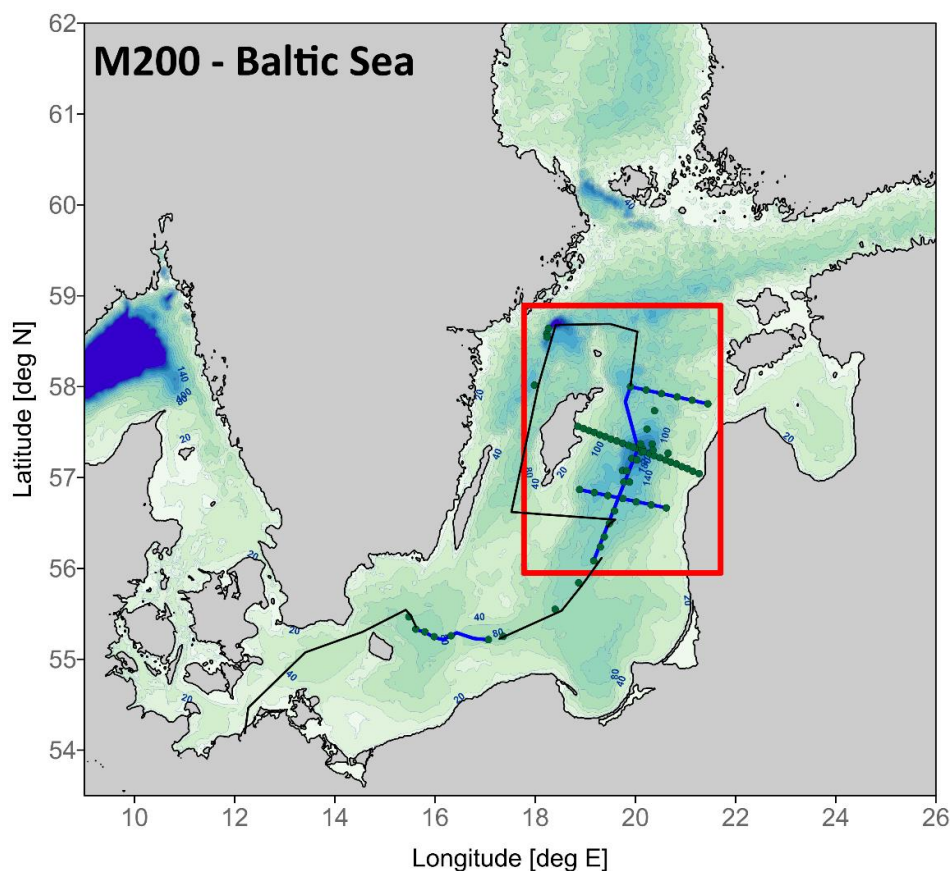


Abb. 3 Arbeitsgebiet der METEOR Expedition M200.

Fig. 3 Working area of METEOR cruise M200.

Wissenschaftliches Programm

Das wissenschaftliche Programm der Fahrt basiert auf der Annahme, dass reaktives Mn in Form von Mn(III)-L und Mn-Oxidpartikeln die Redoxbedingungen von Mn-reichen, geschichteten Gewässern, insbesondere an Redoxgrenzen und in der sub-oxischen Zone, maßgeblich beeinflusst. Jüngste methodische und technologische Fortschritte ermöglichen eine bisher nicht erreichte Charakterisierung der Zusammensetzung von Mn-Komponenten in Lösungen und Partikeln mit Hilfe hochempfindlicher spektrophotometrischer Methoden und synchrotronbasierter Spektroskopie. Die Kombination dieser Fortschritte mit neuen Sensoren zur *in-situ*-Messung reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) und Isotopenanalysen wird

Scientific Programme

The scientific programme of the cruise is based on the assumption that reactive Mn, as Mn(III)-L and Mn oxide particles, is a primary control on the redox landscape of Mn-rich stratified waters, particularly at redox boundaries and within the suboxic zone. Recent methodological and technological advances now allow for unprecedented characterization of the composition of Mn within solution and particles via high sensitivity spectrophotometric methods and synchrotron-based spectroscopy. Combining these advances with new sensors for measuring reactive oxygen species (ROS) in-situ and isotopic analyses will provide new insights into the coupling of Mn with other elemental cycles.

neue Einblicke in die Kopplung von Mn mit anderen Elementkreisläufen ermöglichen.

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprogramms ist es, die Verteilung und die zugrundeliegenden Redoxkreisläufe zu definieren, die die Speziation von Mn bestimmen, und die Kopplung von Mn mit den Kreisläufen von Sauerstoff, Jod und Stickstoff zu identifizieren. Um dieses Ziel zu erreichen, führen wir zwei Fahrten in die Ostsee durch. Die erste Fahrt mit dem FS Elisabeth Mann Borgese im Jahr 2020 diente der Charakterisierung der Tiefenverteilung von Mn, ROS, N und I-Spezies in mehreren stark geschichteten Becken der Ostsee. Diese erste Forschungsphase lieferte die räumlichen Verteilungen, und die Dynamik dieser Elemente in der zentralen Ostsee.

Für die Fahrt M200 auf der größeren FS METEOR bauen wir auf diesen Daten auf, um die Verbindungen zwischen den Elementkreisläufen durch Inkubationen zu untersuchen. Wir werden zwei Hauptstationen bearbeiten, die auf der Fahrt des FS Borgese 2020 identifiziert wurden, um Studien durchzuführen, die die für die Mn-Redoxmuster verantwortlichen Reaktionspfade identifizieren, und um die Kopplung von ROS und Mn mit I und N vollständig zu untersuchen. Um einen wichtigen biogeo-chemischen Kontext zu schaffen, werden die Untersuchungen auch den Transport sowie die Verteilung geochemischer Parameter einschließen, die mit dem Kohlenstoff- und Schwefelkreislauf (Photosynthese, Methan-umsatz) verbunden sind.

Der wissenschaftliche Plan gliedert sich in spezifische Ziele und folgende, damit verbundene Hypothesen:

1.) Identifizierung und Quantifizierung der Rolle von ROS im Stoffkreislauf und in der Mineralisierung von Mn, in der oxischen Zone und der oberen suboxischen Zone.

Wir gehen davon aus, dass die ROS Spezies Superoxid (O_2^-) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) biogenen und abiogenen Ursprungs primäre Redoxreaktanten von Mn in Gegenwart von Sauerstoff sind.

We have established an international team to provide an improved understanding of Mn bio-geochemistry within the Baltic Sea.

The overall goal of the research programme is to define the distribution and underlying redox cycling pathways that govern the speciation of Mn, and to identify the subsequent coupling of Mn with the cycling of oxygen, iodine, and nitrogen. To accomplish this broader goal, we perform two cruises to the Baltic Sea. The first cruise on the RV Elisabeth Mann Borgese in 2020, was focused on characterizing the depth distributions of Mn, ROS, N, and I species over a diversity of stratified basins. This first stage of research provided the distributions, dynamics, and associations of these elements throughout the region.

For the cruise M200 on the much larger RV METEOR, we build on these data to interrogate the links between elemental cycles through incubations. We will return to two contrasting basins identified on the 2020 RV Borgese cruise to conduct the proposed studies targeting the pathways responsible for Mn redox patterns, and to fully interrogate the coupling of ROS and Mn with I and N. To provide an important biogeochemical context, investigations will also constrain transport as well as the distribution of geochemical parameters associated with cycling of carbon (photosynthesis, methane turnover) and sulfur.

The scientific plan is organized around specific objectives and associated hypotheses as follows:

1.) To identify and quantify the role of ROS in the cycling and mineralization of Mn within the oxic zone and upper suboxic zone. We predict that the ROS superoxide (O_2^-) and hydrogen peroxide (H_2O_2), of biogenic and abiogenic origin, are primary redox reactants of Mn in the presence of oxygen.

2.) Identifizierung und Quantifizierung des Beitrags von ROS und oxidiertem Mn (Mn(III)-L-Komplexe und partikuläre Mn-Oxide) zur Speziation und zum Redox-Zyklus von Jod in oxischen und suboxischen Zonen.

Wir postulieren, dass die Oxidation von Iodid zu intermediären I-Spezies, sowie zu Iodat in suboxischen Zonen weitgehend durch die Reaktion mit reaktivem Mn (sowohl Mn(III)-L als auch Mn-Oxid-Partikel) und ROS (insbesondere Superoxid) gesteuert wird.

3.) Identifizierung und Quantifizierung des Beitrags oxidierter Mn-Spezies zur Oxidation re-reduzierter Stickstoffspezies innerhalb und unterhalb der suboxischen Zone.

Wir nehmen an, dass Mn(III)-L und Mn-Oxidpartikel relevante Oxidationsmittel beider abiotischen und/oder mikrobiell vermittelten Oxidation von Nitrit, Ammonium und anderen potenziellen N-Zwischenprodukten in der suboxischen Zone sind.

4.) Bestimmung der Methanoxidationsraten unterhalb und jenseits der Redoxkline und der Kopplung zu Mn.

Wir gehen davon aus, dass ein Teil der CH₄-Oxidation in den suboxischen Zonen verstärkt wird, was auf Mn(III) als relevantes Oxidationsmittel hindeutet.

5.) Identifizierung und Charakterisierung der potenziellen Verbindungen zwischen Mn-Zyklus und phototropher Aktivität, einschließlich anoxygener Photosynthese.

Wir gehen davon aus, dass unterhalb der Chemokline ein Teil der Mn-Oxidation eine Folge der Aktivität phototropher Organismen ist, u. a. durch die Produktion von Superoxid und die Anhebung des pH-Werts, wodurch die homogene Oxidation von Mn durch O₂ thermodynamisch günstig wird. Wir gehen davon aus, dass anoxygene phototrophe Gemeinschaften bei der Mn-Oxidation und der Mn-Oxidbildung eine entscheidende Rolle spielen.

2.) *To identify and quantify within oxic and suboxic zones the contribution of ROS and oxidized Mn (Mn(III)-L complexes and particulate Mn oxides) to the speciation and redox cycling of iodine.*

We predict that oxidation of iodide to both intermediate I species as well as iodate throughout the suboxic zones is largely controlled by reaction with reactive Mn (both Mn(III)-L and Mn oxide particles) and ROS (particularly superoxide).

3.) *To identify and quantify within and below the suboxic zone the contribution of oxidized Mn species to the oxidation of reduced nitrogen species.*

We predict that Mn (III)-L and Mn oxide particles are relevant oxidants in the abiotic and/or microbially mediated oxidation of nitrite, ammonium and other potential N intermediates in the suboxic zone.

4.) *To determine rates of methane oxidation below and across the redoxcline and the link to Mn.*

We predict that a fraction of CH₄ oxidation occurring in the suboxic zones will be enhanced where redox turnover of Mn is highest – pointing to Mn(III) as a relevant oxidant.

5.) *To identify and characterize the potential links between Mn cycling and phototrophic activity, including anoxygenic photosynthesis.*

We predict that below the chemocline a fraction of Mn oxidation will be a consequence of activity of phototrophs, including via production of superoxide and elevation of pH allowing for homogenous oxidation of Mn by O₂ to become thermodynamically favourable. We expect anoxygenic phototrophic communities to play a minor but consequential role in Mn oxidation and Mn oxide formation.

6.) Hochauflösende Beobachtungen der Wassersäulenstruktur und der turbulenten Durchmischung, um die biochemischen Prozesse mit den physikalischen Einflüssen in Beziehung zu setzen.

6.) *To provide high resolution observations of water column structure and turbulent mixing to relate the biochemical processes to physical forcing.*

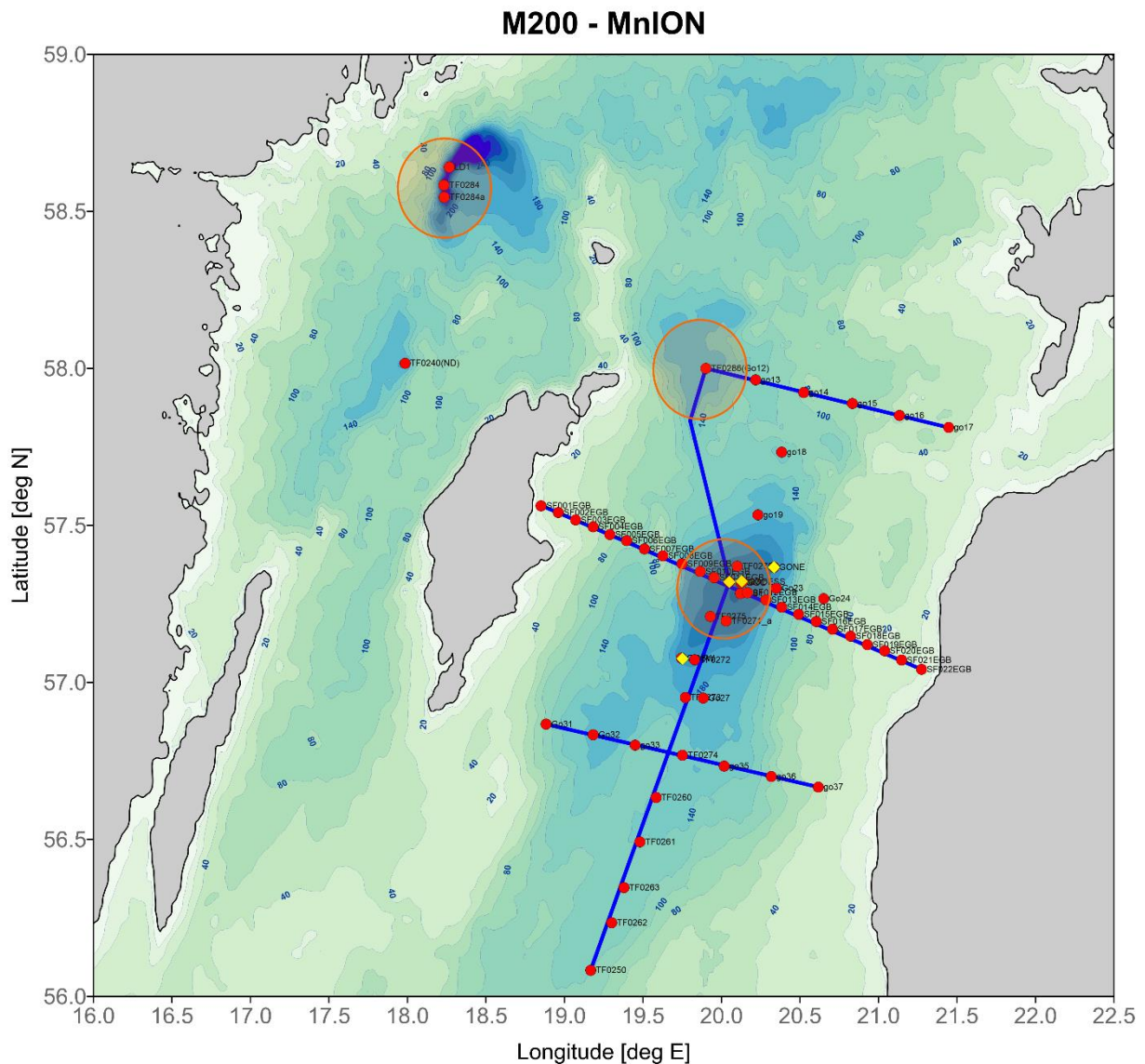


Abb. 4 Das Arbeitsgebiet der Expedition M200. Detailkarte mit den drei Hauptstationen (orange) in den Zentren der Becken der zentralen Ostsee, und weitere optionale Stationen (rot), an denen nicht alle Geräte zum Einsatz kommen. Entlang der blau markierten Transekte werden ScanFish und Mikrostrukturmessungen durchgeführt.

Fig. 4 *The working area of the M200 expedition. Detailed map with the three main stations (orange) in the center of the basins of the central Baltic Sea, and other only optional stations (red) where not all devices will be used. ScanFish and microstructure measurements will be carried out along the transects marked in blue.*

Arbeitsprogramm

Auf der Grundlage der 2020 durchgeführten Untersuchung der Verteilung und Spezifizierung von Mn und verwandten Elementen in der Ostsee werden wir zwei kontrastierende Hauptstationen auswählen. Eine dieser Stationen wird im östlichen Gotlandbecken liegen. Die andere kann im Landsort- oder Fåröbecken liegen. In jedem dieser Becken sind die Konzentrationen von gelöstem und partikulärem Mn erhöht. Wichtig ist jedoch, dass es Unterschiede in den Mn-, Sulfid- und Fe-Konzentrationen sowie in den Redoxraten innerhalb der Wassersäulen gibt, die zum Teil von der variablen Hydrographie des Beckens abhängen, im Einzelnen von der Tiefe, der Fläche des anoxischen Meeresbodens und der Zeitskala kurzfristiger barotroper Einstromereignisse, die für die Ostsee charakteristisch sind. Die obere Grenze der suboxischen Zone in diesen Becken liegt in der Regel bei 60-80 m Tiefe und reicht im Gotlandtief zeitweise bis zu 120 m Tiefe. Die Wassertiefe in den Becken beträgt 249 m im Gotlandtief, dem größten anoxischen Becken der Ostsee, und 451 m im Landsorttief, dem tiefsten Becken der Ostsee.

Wir gehen davon aus, dass wir etwa 6-7 Tage pro Hauptstation benötigen, um die unten aufgeführten Aufgaben durchzuführen. Zunächst werden wir die Geochemie des Standorts charakterisieren (Aufgabe 1; Tag 1-2), um die Profildynamik mit der vorherigen Fahrt im Jahr 2020 zu vergleichen, gefolgt von Inkubationen an Bord (Aufgabe 2) und mikrobiellen Kulturen (Aufgaben 3, 4; Tag 3-7), um die zugrundeliegenden Mn-Redoxtransformationswege (Aufgabe 2; Tag 3-4) und die Kopplung mit dem I-, O-, N-, C- und S-Zyklus (Aufgaben 2; Tag 4-7) zu definieren.

Aufgaben

1. Hochauflösende Hydrographie und Untersuchungen der geochemischen Redoxstruktur.
2. Inkubationsexperimente zur Verknüpfung von Mn- und Elementkreisläufen.
- 2a: Durchführung von Inkubationen, um die Rolle von ROS im Mn-Redoxkreislauf zu ermitteln.

Work Programme

Based on the broad survey of the distribution and speciation of Mn and associated elements within the Baltic Sea conducted in 2020, we will select two contrasting stations. One of these stations will be within the eastern Gotland Basin. The other may be within the Landsort or Fårö Basin. Each of the basins has elevated dissolved and particulate Mn concentrations. Importantly though, there are differences in Mn, sulfide, and Fe concentrations, and redox rates within the water columns, which are in part a function of variable basin hydrography, including depth, extent of reducing seafloor, and timescales of short-term barotropic intrusion events common in the Baltic Sea. The upper boundary of the suboxic zone in these basins is typically 60-80 m in depth and sometimes penetrates to as deep as 120 m in Gotland Deep. Total depths in the basins reach a maximum of 249 m at Gotland Deep, the largest Baltic anoxic setting, and 451 m at Landsort Deep, the deepest of the basins.

We anticipate needing approximately 6-7 days per station to conduct the tasks listed below. We will first characterize the site geochemistry (task 1; day 1-2) to compare profile dynamics to the previous cruise in 2020 followed by shipboard incubations (task 2) and microbial cultivations (tasks 3, 4; day 3-7) to define underlying Mn redox transformation pathways (Task 2; day 3-4) and coupling to I, O, N, C and S cycling (Tasks 2; day 4-7).

Tasks:

1. High resolution hydrography and surveys of geochemical redox structure.
2. Incubation experiments linking Mn and elemental cycles.
- 2a: Conduct targeted incubations to identify the role of ROS in Mn redox cycling.

2b: Gezielte Inkubationen, um Verbindungen zwischen Mn, ROS und I-Zyklen zu identifizieren.

2c: Inkubationen zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Mn- und N-Zyklen.

2d: Inkubationen zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Mn-Reduktion und Methanoxidation.

3. Mikrobielle Anreicherung.

4. Untersuchung der Zusammenhänge zwischen oxidischer/anoxischer Photosynthese und Mn-Zirkulation.

5: Charakterisierung von Mn in Partikeln und Sedimenten.

6: Probenahme von Spurenmetallen.

An den Hauptstationen werden die folgenden Geräte nacheinander eingesetzt:

1. Die Standard-CTD mit Niskinschöpfern wird für die hydrographische Profilierung sowie für das Sammeln von Wasser für Analysen und die Durchführung von Inkubationsexperimenten eingesetzt.

2. Ein Sedimentmulticorer (MPI) wird mit einer entsprechend bemessenen Winde eingesetzt.

3. Eine Pump-CTD wird für hochauflösende hydrographische Vermessungen (MPI/IOW) in den ersten 1-2 Tagen an jeder Station eingesetzt.

4. Vor und nach dem Einsatz der PumpCTD wird ein Mikrostrukturprofiler genutzt, um hochauflösende hydrographische und Turbulenzprofile zu sammeln.

5. SOLARIS (WHOI), ein *in-situ*-Chemilumineszenzanalysator für Superoxid, wird anstelle von 4 Niskinflaschen an der Standard-CTD-Rosette angebracht und mit der CTD eingesetzt. Das Gerät arbeitet autonom.

6. Mikrosensorarray, autonomes Gerät mit 11 Sensoren (MPI).

7. Tiefseephotonenzähler mit Spektralkapazität, autonom (MPI).

Zusätzlich zu den Arbeiten auf den Hauptstationen werden bei Bedarf optionale Stationen und hydrographische Transekte bearbeitet.

2b: Conduct targeted incubations to identify links among Mn, ROS, and I cycling.

2c: Conduct targeted incubations to identify links between Mn and N cycling.

2d: Conduct targeted incubations to identify links between Mn reduction and methane oxidation.

3. Microbial enrichments.

4. Examine links between oxygenic/anoxygenic photosynthesis and Mn cycling.

5: Characterization of Mn in particles and sediment.

6: Trace metal sampling.

On main stations the following devices will be deployed subsequently during expedition M200:

1. A standard CTD with Niskin bottles on a rosette will be performed for hydrographic surveying as well as for collection of water for analysis and conducting of incubation experiments.

2. A sediment Multicorer (MPI) will be deployed using the appropriately rated winch.

3. A Pump CTD will be employed for high resolution hydrographic surveying (MPI/IOW) on the initial first 1-2 days at each station.

4. Before and after the PumpCTD cast a Microstructure profiler is used to gather high resolution hydrographic and turbulence profiles.

5. SOLARIS (WHOI), an in situ chemiluminescent analyzer of superoxide, will be deployed while mounted to the standard CTD rosette in place of 4 Niskin bottles. The unit will operate and record data autonomously.

6. Microsensor Array, autonomous device with 11 sensors (MPI).

7. Deep-sea photon counter with spectral capacity, autonomous (MPI).

In addition to the work on the main stations, optional stations and hydrographic transects are processed as required.

	Tage/days
Auslaufen von Rostock (Deutschland) am 22.03.2024 <i>Departure from Rostock (Germany) 22.03.2024</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	1
Östliches Gotlandbecken mit Hauptstation Gotlandtief <i>Eastern Gotland Basin with main station Gotland Deep</i>	6
Hydrographische Transecte im Östliches Gotlandbecken <i>Hydrographic transects in the Eastern Gotland Basin</i>	3
Nördliches Gotlandbecken mit Hauptstation Farötief und/oder Landsorttief <i>Northern Gotland Basin with main station Farötief and/or Landsorttief</i>	6
Transit zum Hafen Emden <i>Transit to port Emden</i>	3
	Total 19
Einlaufen in Emden (Deutschland) am 10.04.2024 <i>Arrival in Emden (Germany) 10.04.2024</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

DWD

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

IOW

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
Seestraße 15
18119 Rostock
Germany

MPI

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie
Celsiusstr. 1
28359 Bremen
Germany

WHOI

Woods Hole Oceanographic Institution
Watson Building, Room 222, MA 02543
Woods Hole
USA

Aarhus University

Section for Microbiology, Department of Biology
Ny Munkegade 114
8000 Aarhus
Denmark

University of Utah

201 Presidents Circle
Salt Lake City, UT 84112
USA

MSU

Michigan State University
426 Auditorium Road,
East Lansing, MI 48824
USA

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 Programme

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).

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.

Der Geschäftsstelle des Begutachtungspanels 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.

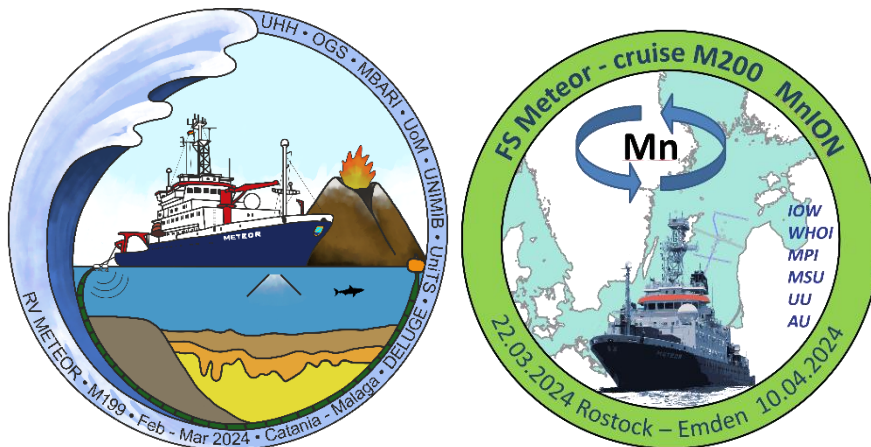


Research Vessel

METEOR

Cruises No. M199 - M200

25. 02. 2024 - 10. 04. 2024



***Erosional and depositional signatures of the Zanclean megaflood
in the central Mediterranean Basin, DELUGE***

***Elemental coupling of manganese cycling
across redoxclines of the Baltic Sea, MnION***

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