

Forschungsschiff

METEOR

Reise Nr. M211 – M212

14. 06. 2025 - 02. 09. 2025



Süßwasserflüsse über dem zentralen Atlantik, FreshAtlantic

Diskontinuität der atlantischen meridionalen Umwälzbewegung: Interaktion zwischen dem Nordatlantikstrom und dem tiefen westlichen Randstrom, EPOC II

Herausgeber:

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

Gefördert durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
ISSN 0935-9974



Forschungsschiff / Research Vessel

METEOR

Reise Nr. / Cruise No. M211 - M212

14. 06. 2025 - 02. 09. 2025



Süßwasserflüsse über dem zentralen Atlantik, FreshAtlantic
Freshwater fluxes over the central Atlantic Ocean, FreshAtlantic

Diskontinuität der atlantischen meridionalen Umwälzbewegung: Interaktion zwischen dem Nordatlantikstrom und dem tiefen westlichen Randstrom, EPOC II
Discontinuity of Atlantic Meridional Overturning Variability: North Atlantic Current — Deep Western Boundary Current Interaction, EPOC II

Herausgeber:
Institut für Meereskunde 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

Anschriften / Addresses

Prof. Dr. Oliver Wurl

Institut für Chemie und Biologie
des Meeres (ICBM)
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Schleusenstr. 1
D-26382 Wilhelmshaven

Telefon: +49 4421-944 228
Telefax: +49 4421-944 299
E-Mail: oliver.wurl@uni-oldenburg.de

Dr. Christian Mertens

Institut für Umweltphysik
Universität Bremen
Otto-Hahn-Allee 1
D-28359 Bremen

Telefon: +49 421 218-62154
Telefax: +49 421 218-62165
E-Mail: cmertens@uni-bremen.de

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

Institut für Meereskunde
Universität Hamburg
Bundesstraße 53
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
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

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

+49 421 985 04 370

FBB 500 (Backup)

+49 421 98504 371

GSM-mobile (in port only)

+49 172 420 079 2

METEOR Reisen / *Cruises* M211- M212

14. 06. 2025 - 02. 09. 2025

Süßwasserflüsse über dem zentralen Atlantik, FreshAtlantic
Freshwater fluxes over the central Atlantic Ocean, FreshAtlantic

**Diskontinuität der atlantischen meridionalen Umwälzbewegung:
Interaktion zwischen dem Nordatlantikstrom und dem tiefen westlichen
Randstrom, EPOC II**
*Discontinuity of Atlantic Meridional Overturning Variability: North Atlantic
Current — Deep Western Boundary Current Interaction, EPOC II*

Fahrt / <i>Cruise</i> M211	14.06.2025 - 27.07.2025 Nizza (Frankreich) - Ponta Delgada (Azoren)
Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i>:	Prof. Dr. Oliver Wurl
Fahrt / <i>Cruise</i> M212	30.07.2025 - 02.09.2025 Ponta Delgada (Portugal) – St. John's (Kanada)
Fahrtleitung / <i>Chief Scientist</i>:	Dr. Christian Mertens
Koordination / <i>Coordination</i>	Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe <i>German Research Fleet Coordination Centre</i>
Kapitän / <i>Master</i> METEOR	M211 Rainer Hammacher M212 Detlef Korte

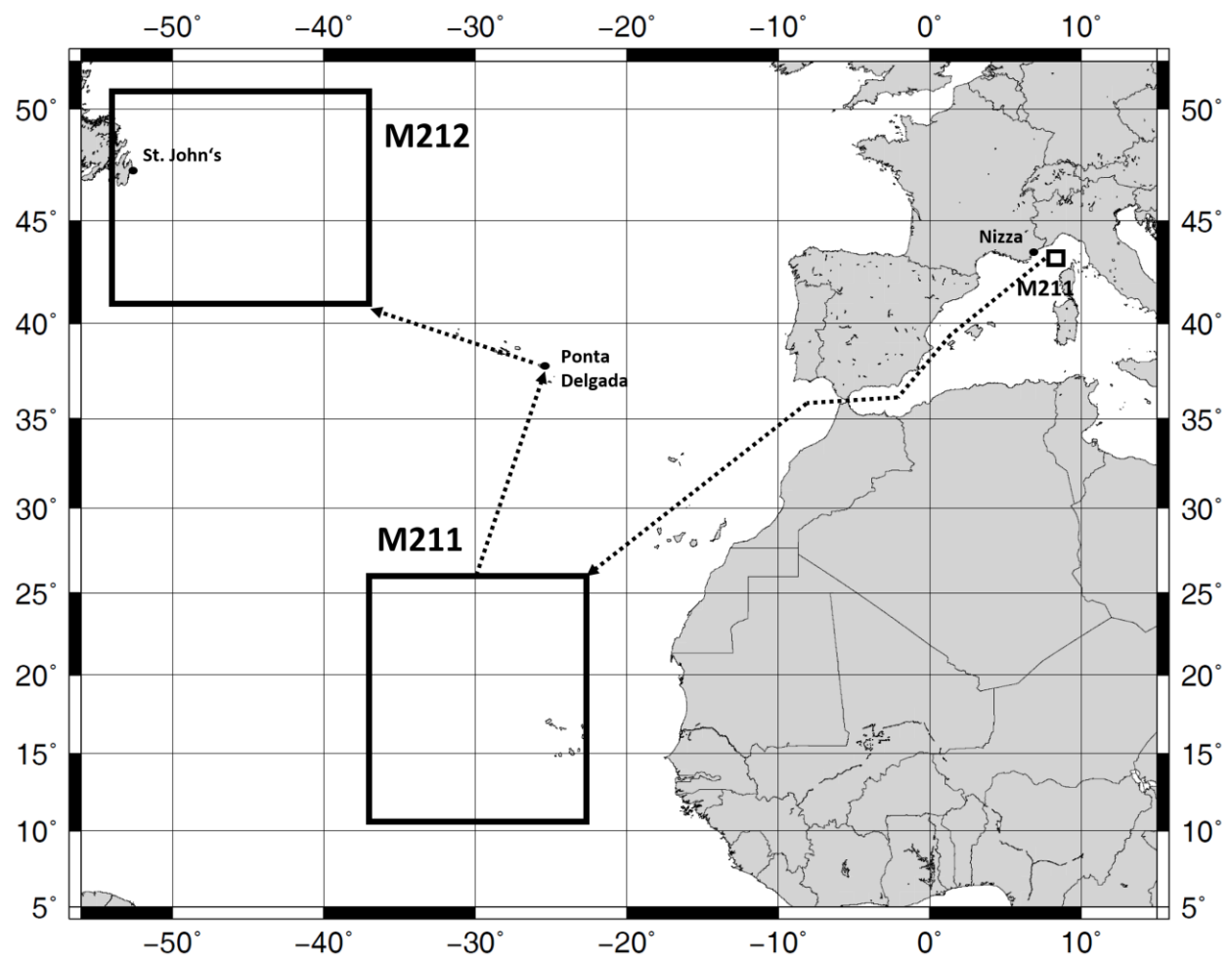


Abb. 1 Geplante Routen und Arbeitsgebiete der METEOR Expeditionen M211 und M212.

Fig. 1 Planned tracks and working areas of METEOR cruises M211 and M212.

Übersicht

Fahrt M211

Der Klimawandel hat den globalen Wasserkreislauf verändert und führt zu intensiveren Dürreperioden und Überschwemmungen mit tiefgreifenden gesellschaftlichen Auswirkungen. Auf globaler Ebene finden 85% der Verdunstung und 77% des Niederschlags über den Ozeanen statt, was deutlich zeigt, dass der ozeanische Wasserkreislauf ein Schlüsselement des globalen Wasserkreislaufs ist. Jedoch schränken Herausforderungen der Beobachtung von Süßwasserflüssen, also Verdunstung minus Niederschlag, das derzeitige Verständnis des ozeanischen Wasserkreislaufs ein.

Wir untersuchen, ob der Salzgehalt des obersten Millimeters des Ozeans als Tracer zu verwenden ist, um die Dynamik von Süßwasserflüssen besser zu verstehen. Während bekannt ist, dass der Oberflächenfilm den Austausch von Gasen und Wärme zwischen Luft und Meer steuert, ist seine Rolle bei der Regulierung von Süßwasserflüssen unklar. Unsere Hypothese ist, dass der Salzgehalt des Oberflächenfilms als wirksamer Indikator für Süßwasserflüsse dient, da Verdunstung den Salzgehalt durch Wasserverlust erhöht, während Niederschlag ihn durch Süßwassereintrag verringert.

Mit einer Vielzahl fortschrittlicher Messtechnologien, darunter ein autonomes Oberflächenfahrzeug (ASV), Drifter, Drohnen und Wetterballons mit Radiosonden, werden wir hochqualitative Daten über die Atmosphäre, den Ozean und ihre Grenzschicht sammeln. Diese Daten unterstützen das Hauptziel der Fahrt: ein umfassendes Verständnis über Dynamik des Salzgehalts und der Temperatur innerhalb der Meeresoberfläche sowie deren Zusammenhang mit den verdunstenden Süßwasserflüssen.

Synopsis

Cruise M211

Climate change has altered the global water cycle, intensifying droughts and floods with profound societal impacts. On a global scale, 85% of evaporation and 77% of precipitation occur over the oceans, highlighting the critical role of the oceanic water cycle as a key component of the global water cycle. Observational challenges of the freshwater flux, that is evaporation minus precipitation, limit the current understanding of the oceanic water cycle.

We propose utilizing the salinity of the ocean's skin layer – the uppermost millimeter of the ocean – as a tracer to gain deeper insights into freshwater flux dynamics. The skin layer is known to control air-sea exchange of gases and heat, but its detailed role in governing the freshwater flux remains unknown. We hypothesize that the salinity of the ocean's skin layer serves as an effective tracer for the freshwater flux, as evaporation increases salinity through water loss, while precipitation decreases it through freshwater input.

Using a comprehensive range of advanced scientific measurement technologies, including an autonomous surface vehicle (ASV), drifters, drones and weather balloons equipped with radiosondes, we aim to collect high-quality observational data of the atmosphere and ocean, as well as the boundary layer. This data will support the primary objective of this cruise: to gain a comprehensive understanding of the dynamics and variations in salinity and temperature within the oceanic skin and the near-surface layer, as well as their link to evaporative freshwater fluxes.

Fahrt M212

Die Fahrt ist ein Beitrag zum koordinierten EU-Projekt EPOC (Arbeitspaket WP2 „Key processes of meridional connectivity“) und dem DFG-Sonderforschungsbereich TRR 181 (Projekt W5 „Internal wave energy dissipation and wave number spectra: Adaptive sampling in the ocean interior“).

EPOC zielt darauf ab, Schlüsselprozesse zu identifizieren, die die meridionale Konnektivität der Ozeantransporte bestimmen, insbesondere die Mechanismen, die für die Kohärenz der atlantischen meridionalen Umwälzirkulation in wichtigen Breitengraden des Atlantiks verantwortlich sind, und den Einfluss der Variabilität des Nordatlantikstroms auf den tiefen westlichen Randstrom. Das Projekt W5 des TRR 181 befasst sich mit der Beziehung zwischen mesoskaligen Strukturen und dem internen Wellenfeld, wobei der Schwerpunkt auf adaptivem Sampling durch autonome Unterwasserfahrzeuge liegt. Das Arbeitsgebiet befindet sich bei Flemish Cap und den Grand Banks von Neufundland. Das Arbeitsprogramm umfasst hydrographische Schnitte (einschließlich CTD-Tow-yos und Mikrostrukturmessungen), Einsatz von Glidern und Einsätze von Inverted Echo Soundern. Die Fahrt M212 markiert das Ende des zweijährigen EPOC-Feldexperiments, das zusammen mit hochauflösenden gekoppelten Simulationen das Verständnis der physikalischen Prozesse verbessern wird, die die Transportvariabilität in der so genannten Übergangszone zwischen subpolarem und subtropischen Atlantik um Flemish Cap und den Grand Banks bestimmen.

Cruise M212

The cruise is a contribution to the coordinated EU project EPOC (work package WP2 “Key processes of meridional connectivity” and the DFG Collaborative Research Centre CRC 181 (Project W5 “Internal wave energy dissipation and wave number spectra: Adaptive sampling in the ocean interior”).

EPOC aims to identify key processes that determine the meridional connectivity of ocean transports, in particular the mechanisms responsible for the coherence of the Atlantic Meridional Overturning Circulation across key latitudes in the Atlantic and the influence of North Atlantic Current variability on the Deep Western Boundary Current. CRC 181 project W5 addresses the relationship between meso-scale structures and the internal wave field with a focus on adaptive sampling by autonomous underwater vehicles. The work area is located at Flemish Cap and the Grand Banks of Newfoundland. The work programme consists of hydrographic surveys (including CTD tow-yo sections and micro-structure measurements), glider deployments, deployments of inverted echo sounders. Cruise M212 marks the end of the 2-year EPOC field experiment which, together with high-resolution coupled simulations, will improve the understanding of the physical processes that determine the transport variability in the so-called transition zone between subpolar and subtropical Atlantic around Flemish Cap and the Grand Banks.

Wissenschaftliches Programm

Um den Einfluss von Süßwasserflüssen auf die Salzgehalts- und Temperaturdynamik der Meeresoberfläche zu untersuchen, betrachten wir drei verschiedene Regionen (Abb. 2): Das Mittelmeer in den gemäßigten Breiten (M1), ein Gebiet im zentralen Atlantik, in dem die Verdunstung den Süßwasserfluss dominiert (20°N bis 24°N; A2, B3, C8, C9), sowie ein südlicheres Gebiet im zentralen Atlantiks (10°N bis 12°N, C5, C6), in dem Niederschläge erwartet werden.

Ein wesentlicher Bestandteil unserer Forschung ist der dünne Oberflächenfilm des Meeres. Mit unserem ASV HALOBATES können wir diesen Film mit Hilfe von rotierenden Glasplatten sammeln und messen. Temperatur und Salzgehalt des Oberflächenfilms und des darunterliegenden Wassers werden direkt auf dem ASV gemessen. Außerdem werden Wasserproben entnommen, die im Labor aufbereitet und analysiert werden, um das Wasser hinsichtlich seiner chemischen, optischen und mikrobiologischen Eigenschaften zu charakterisieren.

Gleichzeitig werden horizontale Bewegungen von Oberflächenwasser mit Hilfe von Lagrange Driftern untersucht. Diese sind mit Sensoren ausgestattet, um Temperatur und Salzgehalt an der Oberfläche zu vermessen; einzelne Drifter sind zusätzlich mit Niederschlagssensoren ausgestattet. Die Drifter werden in der Nähe von HALOBATES eingesetzt, um die Dynamik der untersuchten Wassermassen zu verfolgen und damit die Untersuchung der Süßwasserflüsse zu unterstützen.

Scientific Programme

To study the influence of freshwater fluxes on salinity and temperature dynamics of the surface ocean, we investigate three different regions (Fig. 2): The Mediterranean Sea in the mid-latitudes (M1), a high-salinity area in the central Atlantic where evaporation dominates the freshwater flux (20°N to 24°N; A2, B3, C8, C9), and a more southern area of the central Atlantic (10°N to 12°N, C5, C6), where increased precipitation is expected.

Essential part of our investigation is the upper, thin sea surface layer, the so-called skin layer. We can sample and measure this layer using our ASV HALOBATES that is equipped with a rotating glass disk assembly for collecting it. Temperature and salinity of the skin layer and the underlying water are directly measured on the ASV. Further, water samples will be taken to be processed and analyzed in the lab to characterize the water in term of chemical, optical, and microbiological properties.

Simultaneously, horizontal processes of the surface water will be investigated using lagrangian drifters. These drifters are equipped with oceanographic sensors to measure temperature and salinity; single drifters will be equipped rain sensors. They will be deployed in proximity to HALOBATES to track the dynamic of the water masses under investigation supporting the study of freshwater fluxes.

Meteorologische Parameter wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und -richtung werden direkt auf HALBOATES gemessen. Diese Daten werden durch Messungen von kurz- und langwelliger Strahlung, Regenintensität und Verdunstung auf der FS METEOR ergänzt. Wetterballons werden eingesetzt, um weitere meteorologische Daten in Höhen von bis zu 25 km zu sammeln. Um den Datensatz zu ergänzen, erfassen an Drohnen befestigte Radiosonden ähnliche Daten aus der unteren Atmosphäre über größere Gebiete und über längere, zeitlich konsistente Zeiträume.

Zusätzlich werden Drohnen zur Messung von Aerosolen (Anzahl und Größe) sowie zu deren Beprobung für die spätere Analyse eingesetzt. Ziel ist es, den wechselseitigen Einfluss zwischen konvektiven Stürmen und der Verteilung sowie Zusammensetzung von Aerosolen zu analysieren. Sowohl die konvektiven Prozesse als auch die Variabilität der Aerosoleigenschaften sind eng mit dem Prozess der Verdunstung verbunden.

Die Daten werden an Bord verarbeitet, um atmosphärische Konvektion zu modellieren, die möglicherweise Verdunstungsprozesse beeinflusst. Außerdem werden die erhobenen Daten genutzt, um hochauflösende numerische Simulationen zu evaluieren. Diese Simulationen sagen die Meeresoberflächentemperatur voraus und berücksichtigen dabei die Auswirkungen von Windscherung auf die Durchmischung des Ozeans sowie den Wärmeaustausch an der Grenzschicht zwischen Luft und Meer.

Meteorological parameters such as air temperature, relative humidity, wind speed and wind direction are measured on board of HALBOATES. These data will be expanded by ship-based measurements of net short- and longwave radiation, rain intensity and evaporation. Weather balloons will be used to collect additional key meteorological data at altitudes of up to 25 km. To complete the data record, drone-mounted radiosondes will obtain similar data from the lower atmosphere over a larger area and longer temporally consistent time periods.

Additionally, drones will be used for the detection of aerosol numbers and sizes, and for the collection of aerosols for offline composition analysis. The aim is to analyze the influence of convective storms on aerosol distribution and composition, and vice versa. Both, convective processes and variability in aerosol properties are closely linked with evaporative fluxes.

The data will be processed on board to model atmospheric convection potentially affecting evaporation processes. Besides that, the observational data will be used to further evaluate high-resolution numerical simulations that are predicting the sea-surface temperature including wind-shear effects on ocean mixing and heat-exchange across the air-sea boundary layer.



Abb. 2 Das Arbeitsgebiet der Expedition M211: Eine Station im Mittelmeer (M1) und sieben Stationen im zentralen Atlantik (A2, B3, C5-C9).

Fig. 2 The working area of cruise M211: One station in the Mediterranean Sea (M1) and seven stations in the Central Atlantic (A2, B3, C5-C9).

Arbeitsprogramm

Um die Fragestellungen der Expedition untersuchen zu können, werden wir Stationsarbeit im Mittelmeer und im zentralen Atlantik durchführen. Während der kurzen Arbeitsphase im Mittelmeer wird uns ein Team der ARD begleiten, um im Zuge der Dokureihe „Wie extrem wird das Wetter?“ Videomaterial zu sammeln. Damit haben wir die wertvolle Gelegenheit, die Inhalte unserer wissenschaftlichen Arbeit an die Öffentlichkeit zu bringen.

Sowohl im Mittelmeer als auch in den Stationen im Atlantik, werden wir folgende Arbeiten durchführen:

- Einsatz des ASV HALOBATES zur hochaufgelösten Messung von Temperatur und Salzgehalt an der Meeresoberfläche inklusive des Oberflächenfilms. (Einsatz erfolgt während der gesamten Stationsarbeit in ~8h Schichten mit anschließender kurzer Pause an Deck zur Datensicherung und Stromversorgung).
- Probenahme der Oberflächenschicht und des unterliegenden Wassers (1m Tiefe) mit Hilfe von HALOBATES und anschließende Probenvorbereitung und -analyse im Labor.
- Regelmäßige (alle zwei Stunden) CTD-Profile der oberen 100 m zur Identifizierung der Mischschichttiefen; zusätzlich ein 1000 m CTD-Profil an jeder Station.
- Pro Station wird mindestens einmal BOP (Bio Optical Package) auf eine Tiefe von bis zu 200 m gelassen, um optische Messgrößen, wie Rückstreuung, totale Absorption, Chlorophyll a und Trübung zu erfassen.
- Ausbringung von Driftern in der Nähe von HALOBATES; Driftersuche und Einsammeln am Ende der Stationsarbeit.

Work Programme

To achieve the aim of the expedition, we will carry out station work in the Mediterranean and the central Atlantic. During the short work phase in the Mediterranean Sea, a team from the German national radio and television network will accompany us to collect video material as part of the documentary series 'How extreme will the weather be?' This gives us a valuable opportunity to publicize the content of our scientific work.

We will carry out the following work in the Mediterranean Sea as well as in the Atlantic:

- *Deployment of the ASV HALOBATES for high-resolution measurements of temperature and salinity at the sea surface including the skin layer. (Deployment takes place during the entire station work in ~8h shifts followed by a short break on deck for data storage and power supply).*
- *Sampling of the skin layer and the underlying water (1m depth) with HALOBATES and subsequent sample processing and analysis in the lab.*
- *Regularly (every two hour) CTD profiles of the upper 100 m to assess the mixed layer depths; additionally, a 1000 m CTD profile per at each station.*
- *Deployment of BOP (Bio Optical Package) at least once per station to up to 200 m depth to measure optical parameters such as backscattering, total absorption, chlorophyll a and turbidity within the water column.*
- *Deployment of drifters near HALOBATES; Drifter search and collection at the end of the station work.*

- Kontinuierliche Messung von Wetterdaten an Bord der METEOR inklusive Regenintensitäten, Sonnen und Wärmestrahlung sowie Verdunstung.
- In Zusammenarbeit mit dem DWD: Durchführung von Radiosondenaufstiegen zur Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Wind.
- Einsatz von Drohnen zur Datensammlung und Probenahme.
- *Continuous measurements of weather parameter on board of METEOR including rain intensities, net short- and longwave radiation, and evaporation.*
- *In cooperation with the DWD: Rawinsonde soundings to measure temperature, humidity, air pressure and wind.*
- *Operation of drones for data acquisition and sampling.*

	Tage/days
Auslaufen von Nizza (Frankreich) am 14.06.2025 <i>Departure from Nice (France) 14.06.2025</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet Mittelmeer <i>Transit to working area Mediterranean Sea</i>	0.15
Aufenthalt im Arbeitsgebiet Mittelmeer (M1) <i>On site work in the Mediterranean Sea (M1)</i>	3.7
Transit zum Hafen Nizza (Personalwechsel) am 17.06.2025 <i>Transit to port Nice (staff change) 17.06.2025</i>	0.15
Transit zum Arbeitsgebiet zentraler Atlantik <i>Transit to working area Central Atlantic</i>	10
Aufenthalt im Arbeitsgebiet zentraler Atlantik (A2, B3, C5-C9) <i>On site work in the Central Atlantic (A2, B3, C5-C9)</i>	21
Transit zum Hafen Ponta Delgada <i>Transit to port Ponta Delgada</i>	9
	Total
Einlaufen in Ponta Delgada (Azoren) am 27.07.2025 <i>Arrival in Ponta Delgada (Azores) 27.07.2025</i>	44

ICBM

Universität Oldenburg
Institut für Chemie und
Biologie des Meeres
Carl von Ossietzky

📍 Wilhelmshaven
Schleusenstr. 1,
26382 Wilhelmshaven / Germany

📍 Oldenburg
Carl von Ossietzky Str. 9-11
26129 Oldenburg / Germany

University of Potsdam

Department of Physics and Astronomy
Karl-Liebknecht-Straße 32
14476 Potsdam
Germany

CSU

Colorado State University
Department of Atmospheric Science
1371 Campus Delivery
Fort Collins, CO 80523
USA

UAH

The University of Alabama in Huntsville
Department of Atmospheric and Earth Science
301 Sparkman Drive
Huntsville, AL 35899
USA

Institut für Kohlenstoff-Kreisläufe

Helmholtz-Zentrum Hereon
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Germany

LOCEAN IPSL

Le Laboratoire d'Océanographie et du Climat:
Expérimentations et Approches Numériques
Institut Pierre Simon Laplace
4 Pl. Jussieu
75005 Paris
France

Max Planck Institute for Chemistry

Aerosol Chemistry Department
Hahn-Meitner-Weg 1
55128, Mainz
Germany

DWD

Deutscher Wetterdienst Seeschiffverkehrsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
D-20359 Hamburg
Germany

Wissenschaftliches Programm

Die Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) ist ein integraler Bestandteil des Klimasystems der Erde, und Modelle zeigen einen Zusammenbruch ihrer meridionalen Kohärenz in der Übergangszone (TZ) zwischen dem subpolaren und subtropischen Nordatlantik. Bestehende Beobachtungssysteme der AMOC beruhen implizit auf der Idee des globalen Förderbandes (Conveyor Belt), wonach die Messung der Stärke der Zirkulation an einem einzelnen Breitengrad ein gewisses Maß für die AMOC als Ganzes liefert. Neuere Erkenntnisse deuten jedoch darauf hin, dass der Conveyor Belt an wichtigen Breitengraden des Atlantiks erhebliche Diskontinuitäten zeigt, die oft mit starken topographischen Veränderungen einhergehen. Dazu gehören Orte, an denen der tiefe westliche Randstrom (DWBC) vom Kontinentalhang abbricht, z. B. an der Südspitze Grönlands und dem Arbeitsgebiet von M212 am Flemish Cap östlich von Neufundland.

In Modellstudien wurden Schlüsselregionen mit Diskontinuitäten in der AMOC-Variabilität gefunden, darunter die Übergangszone zwischen dem subpolaren und subtropischen Nordatlantik. Im Rahmen von EPOC soll untersucht werden, wie förderbandartig die Umwälzzirkulation ist und welche Prozesse für die Aufrechterhaltung oder Unterbrechung der Konnektivität verantwortlich sind. Zu den möglichen Prozessen, die für die Variabilität des Transports verantwortlich sind, gehören die Variabilität von Tiefenwassermassen und des Randstroms stromauf, sowie lokale Instabilitäten, Wirbel oder Wechselwirkungen zwischen Randstrom und Topographie.

Zur Beobachtung der Prozesse, die aktiv die Kohärenz in der TZ herstellen oder unterbrechen, wurden in einem gezielten Experiment zwei Verankerungsarrays und ein Array von Inverted Echosoundern ausgelegt

Scientific Programme

The Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is an integral component of the Earth's climate system, and models show a breakdown of its meridional coherence in the Transition Zone (TZ) between the subpolar and subtropical North Atlantic. Existing observing systems implicitly rely on the global conveyor idea, that measuring the strength of the circulation at an individual latitude provides some measure of the overturning as a whole. However, more recent evidence suggests substantial discontinuities in the conveyor belt at key latitudes in the Atlantic, often associated with sharp changes in topography. These include locations where the deep western boundary current (DWBC) breaks away from the continental slope e.g., at the southern tip of Greenland and in the work area of M212 at Flemish Cap east of Newfoundland.

Modelling studies have identified key regions of discontinuities in AMOC transport variability, including the Transition Zone between the subpolar and subtropical North Atlantic. In EPOC ocean transport variability will be re-evaluated to address the question of how conveyor-like the overturning circulation is, identifying processes responsible for maintaining or breaking the connectivity. Possible processes for setting or modifying transport variability include the upstream variability of deep-water masses and boundary currents, local instabilities, eddies, or flow-topography interactions of the DWBC.

To observe the processes actively setting or breaking coherence in the TZ, a targeted field experiment with a comprehensive array of tall moorings and compact inverted echosounders was deployed (MARIA S. MERIAN

(MARIA S. MERIAN MSM121, Oktober 2023), um den Transport von nordatlantischem Tiefenwasser (NADW) in und aus der TZ zu messen. Mit diesem Array sollen Signale identifiziert werden, die sich entlang des westlichen Randes des Atlantiks vom subpolaren bis zum subtropischen Wirbel ausbreiten. Aufgrund der Nähe zum Gebiet der Tiefenwasserbildung in der Labradorsee und der bestehenden Beobachtungen des OSNAP-Arrays (53°N) werden wir in der Lage sein, die Ankunft von neu gebildetem Tiefenwasser zu identifizieren. In dieser Region schwächt die Wechselwirkung zwischen dem Nordatlantikstrom (NAC) und dem DWBC die Zirkulation und moduliert auch den nordwärts gerichteten AMOC Transport. Die Transportzeitreihen aus dem Array von Inverted Echosoundern sollen dazu dienen, Wechselwirkungen mit dem NAC zu erkennen und festzustellen, ob Veränderungen des DWBC auf die Lage, die Stärke oder die Wirbelenergie des NAC zurückzuführen sind.

cruise MSM121, October 2023) to measure the transport of North Atlantic Deep Water (NADW) into and out of the TZ. This array is designed to identify signals propagating along the western boundary of the Atlantic from the subpolar to the subtropical gyre, which are anticipated to include boundary waves and advective processes. Due to the proximity of the deployment to the ventilation region in the Labrador Sea and existing observations at the western boundary of the OSNAP array (53°N), we will be able to identify the arrival of newly formed, recently ventilated waters. In this region, the interaction between the North Atlantic Current (NAC) and the DWBC weakens the DWBC, and also modulates the northward surface limb of the AMOC. The array of inverted echo sounders will provide time-varying estimates of the surface and deep transports, which will be used to diagnose interactions and whether changes observed in the DWBC from the north to the south of Flemish Cap are due to the location, strength or eddy kinetic energy of the NAC.

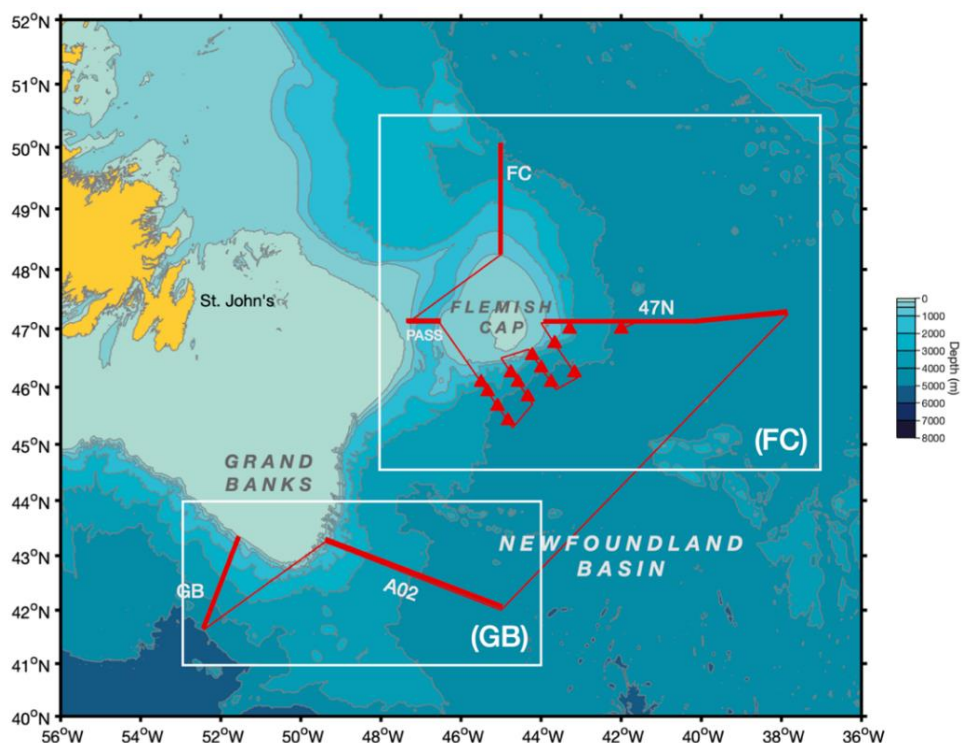


Abb.3 Die Arbeitsgebiete der Expedition M212 im westlichen subpolaren Nordatlantik mit den geplanten hydrographischen Schnitten und dem Inverted Echo Sounder (IES) Array.

Fig. 3 The working areas of research cruise M212 in the western subpolar North Atlantic with the planned hydrographic sections and the inverted echo sounder (IES) array.

Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm besteht aus fünf Komponenten:

- (1) CTD/LADCP-Stationen an fünf hydrographischen Schnitten und beim Inverted Echo Sounder Array.
- (2) Mikrostrukturmessungen in den oberen 1000 m mit einer freifallenden Sonde.
- (3) CTD/LADCP tow-yo Schnitte.
- (4) Glidereinsätze.
- (5) Inverted Echo Sounder Arbeiten.

CTD- (Conductivity-Temperature-Depth) und LADCP-Messungen (lowered Acoustic Doppler Current Profiler) werden an etwa 100 Stationen entlang hydrographischer Schnitte bei Flemish Cap und den Grand Banks durchgeführt (Abb. 3). An Stationen mit starker vertikaler Durchmischung bzw. erhöhter interner Wellenenergie werden die CTD/LADCP-Messungen durch Mikrostrukturprofile in den oberen 1000 m ergänzt. Die Abschnitte FC, PASS und GB sind so gewählt, dass sie die stromaufwärts und stromabwärts liegenden Bedingungen repräsentieren. Die französischen Partner am Ifremer haben auf der MARIA S. MERIAN Fahrt MSM121 im Oktober 2023 Verankerungen mit Strömungsmessern entlang dieser Schnitte ausgebracht. Die Verankerungen werden im Jahr 2025 mit einem französischen Schiff geborgen. Die Schnitte 47N und A02 befinden sich in der Übergangszone und ergänzen die Messungen mit dem Inverted Echo Sounder Array.

Wiederholte CTD/LADCP-Profile werden an verschiedenen Stellen des Kontinentalhangs gemessen, wobei sich das Schiff langsam über die Bathymetrie bewegt („tow-yo“). Tow-yos sind wiederholte Vertikalprofile über einen bestimmten Tiefenbereich, während das Schiff die Geräte mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,5 Knoten über eine

Work Programme

The work programme has five components:

- (1) Full-depth CTD/LADCP casts at five hydrographic sections and at the inverted echo sounder array.
- (2) Microstructure measurements in the upper 1000 m with a tethered free-falling probe.
- (3) CTD/LADCP tow-yo transects.
- (4) Glider deployment and recovery.
- (5) Inverted Echo Sounder deployments.

Full-depth CTD (Conductivity-Temperature-Depth) and LADCP (lowered Acoustic Doppler Current Profiler) stations will be made out at about 100 stations along different hydrographic sections around Flemish Cap and the Grand Banks (Fig. 3). At stations with strong vertical mixing, resp. elevated internal wave energy, the CTD/LADCP measurements will be complemented by microstructure profiles in the upper 1000 m. The FC, PASS and GB sections are chosen to represent the upstream and downstream conditions. Current meter moorings have been deployed along these sections by the French partner at Ifremer on MARIA S. MERIAN cruise MSM121 in October 2023. The moorings will be recovered in 2025 with a French vessel. The 47N and A02 sections are located within the transitions zone and complement the measurements at the inverted echo sounder array.

Repeated CTD/LADCP profiles will be made at different locations on the continental slope with the ship moving slowly across the bathymetry (“tow-yo”). Tow-yos are repeated casts over a defined depth range where the instruments are continuously lowered and raised while being towed by the ship at a speed of about 0.5 knots along a transect of

Entfernung von etwa 20 Kilometern schleppt. Die erreichte horizontale Auflösung von einigen hundert Metern ermöglicht es, Mechanismen zu identifizieren, die die laterale und vertikale Durchmischung und die Wechselwirkungen zwischen Strömung und Topographie aufrechterhalten. Die Tow-yos werden durch wiederholte Mikrostrukturprofile ergänzt.

Ozeangleiter werden eingesetzt, um den südwardigen Randstrom und den Nordatlantikstrom bei 47° N zwischen $41^{\circ} 30' W$ und $43^{\circ} 30' W$ wiederholt zu überqueren. Für die geplante Entfernung von 150 km, wird ein einzelner Gleiter etwa 10 Tage benötigen. Zwei von GEOMAR zur Verfügung gestellte Gleiter werden mit einer Mission von jeweils 20 Tagen eingesetzt. Dies ermöglicht vier hoch aufgelöste, frontale Überquerungen. Dies ermöglicht Diagnosen auf der Mischungslängenskala, die speziell auf den Austausch von Eigenschaften wie Wärme über die Front hinweg abzielen, ist aber auch von zentraler Bedeutung für die Untersuchung der energetischen Eigenschaften innerhalb des Frontsystems. Der Erfolg dieser Untersuchung hängt von der Erfassung hochaufgelöster Daten ab. Neu entwickelte adaptive Algorithmen werden eingesetzt, um die Fähigkeit, sich auf die interessierenden Eigenschaften zu konzentrieren, zu verbessern und wiederholte Beobachtungen innerhalb des Zeitrahmens zu ermöglichen.

about 20 kilometers. The achieved horizontal resolution of a few hundred meters allows to identify mechanisms that maintain lateral and vertical mixing and current-topography interactions. The tow-yo sections will be complemented by repeated microstructures casts.

Ocean gliders will be used to repeatedly transverse the southward boundary current and the North Atlantic Current at 47° N between $41^{\circ} 30' W$ and $43^{\circ} 30' W$. The transect will span about 150 km, with a single glider requiring roughly 10 days to complete the mission. Two gliders, provided by GEOMAR, will be deployed with a mission of 20 days in the water. This will allow four highly resolved, frontal crossings. The setup enables mixing length scale diagnostics that specifically target cross-frontal exchange of properties, such as heat, but is also pivotal to investigate energetic characteristics within the frontal system. The success of this investigation hinges on the acquisition of highly resolved data. Newly developed adaptive sampling algorithms will be used to further improve the ability to focus on the property of interest and facilitate repeated observations within the timeframe.

	Tage/days
Auslaufen von Ponta Delgada (Azoren) am 30.07.2025 <i>Departure from Ponta Delgada (Azoren) 30.07.2025</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet (FC) / <i>Transit to working area (FC)</i>	3
CTD/LADCP, Microstructure	8.5
Glider	1
Inverted Echo Sounder	2.5
Transit Grand Banks (GB) / <i>Transit Grand Banks (GB)</i>	2
CTD/LADCP, Microstructure	5
Inverted Echo Sounder	1
Transit Flemish Cap (FC) / <i>Transit Flemish Cap (GB)</i>	1
CTD/LADCP, Microstructure	7
Glider	1
Transit zum Hafen / <i>Transit to port</i>	2
Total	34
Einlaufen in St. John's (Kanada) am 02.09.2025 <i>Arrival in St. John's (Canada) 02.09.2025</i>	

IUP

Institut für Umweltphysik
Universität Bremen
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Germany

MARUM

Zentrum für Marine Umweltwissenschaften
Universität Bremen
Leobener Str. 8
28359 Bremen
Germany

IFM

Institut für Meereskunde
Universität Hamburg
Bundesstr. 53
20146 Hamburg
Germany

Bordwetterwarte / Ship's meteorological Station

Operationelles Programm

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

Aufgaben

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.

Meteorologische Beobachtungen und Messungen

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

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

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

Operational Program

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

Duties:

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.

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 / *The Research Vessel METEOR*

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

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

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

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

Dabei kooperiert die LDF einerseits mit den wissenschaftlichen Fahrtleitungen und andererseits mit der Reederei Briese Schiffahrts GmbH & Co. KG.

The research vessel “METEOR” serves the world-wide marine scientific research of Germany and the cooperation with other nations in this field.

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

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 can be included in the cruise schedule.

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.

In doing so, the LDF cooperates on the one hand with the chief scientists and on the other hand with the shipping company Briese Schiffahrts GmbH & Co. KG.



Research Vessel

METEOR

Cruises No. M211- M212

14. 06. 2025 - 02. 09. 2025



Freshwater fluxes over the central Atlantic Ocean, FreshAtlantic

*Discontinuity of Atlantic Meridional Overturning Variability: North Atlantic Current —
Deep Western Boundary Current Interaction, EPOC II*

Editor:

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

Sponsored by:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
ISSN 0935-9974