

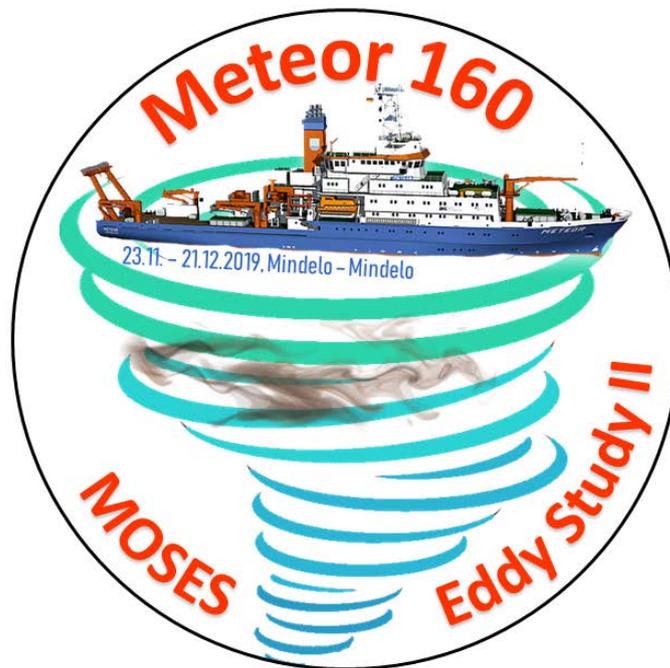


Forschungsschiff

METEOR

Reise Nr. M160

23.11.2019 – 20.12.2019



MOSES Eddy Study II

Herausgeber

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

Gefördert durch

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

ISSN 0935-9974

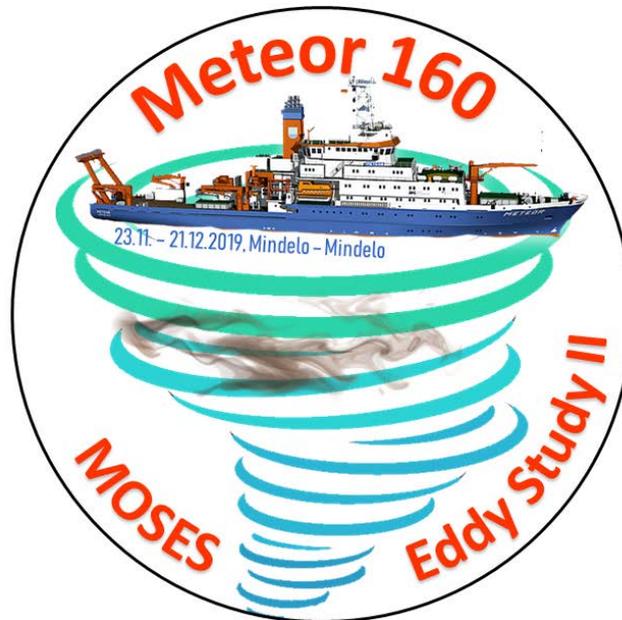


Forschungsschiff / *Research Vessel*

METEOR

Reise Nr. M160 / *Cruise No. M160*

23.11.2019 – 20.12.2019



MOSES Wirbelstudie II
MOSES Eddy Study II

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. Arne Körtzinger

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Düsternbrooker Weg 20

24105 Kiel, Germany

Telefon: +49-431-600 4200

Telefax: +49-431-600134200

e-mail: akoertzinger@geomar.de**Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe**

Institut für Geologie

Universität Hamburg

Bundesstraße 55

D-20146 Hamburg

Telefon: +49-40-428-38-3640

Telefax: +49-40-428-38-4644

e-mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.dehttp: www.ldf.uni-hamburg.de**Reederei**

Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG

Abt. Forschungsschiffahrt

Hafenstrasse 6d (Haus Singapore)

26789 Leer

Telefon: +49 491 92520 160

Telefax +49 491 92520 169

e-mail: research@briese.dehttp: www.briese.de**Geschäftsstelle**

des Gutachterpanels Forschungsschiffe (GPF)

c/o Deutsche Forschungsgemeinschaft

Kennedyallee 40

53175 Bonn

email: gpf@dfg.de

METEOR Reise / *METEOR Cruise M160*

23.11.2019 – 20.12.2019

MOSES Wirbelstudie II
MOSES Eddy Study II

Fahrt / Cruise M160	23.11.2019 – 20.12.2019 Mindelo (Cabo Verde) – Mindelo (Cabo Verde)
Koordination / <i>Coordination</i>	Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
Fahrtleitung / <i>Chief Scientist:</i>	Prof. Dr. Arne Körtzinger
Kapitän / <i>Master METEOR</i>	Kpt. Rainer Hammacher

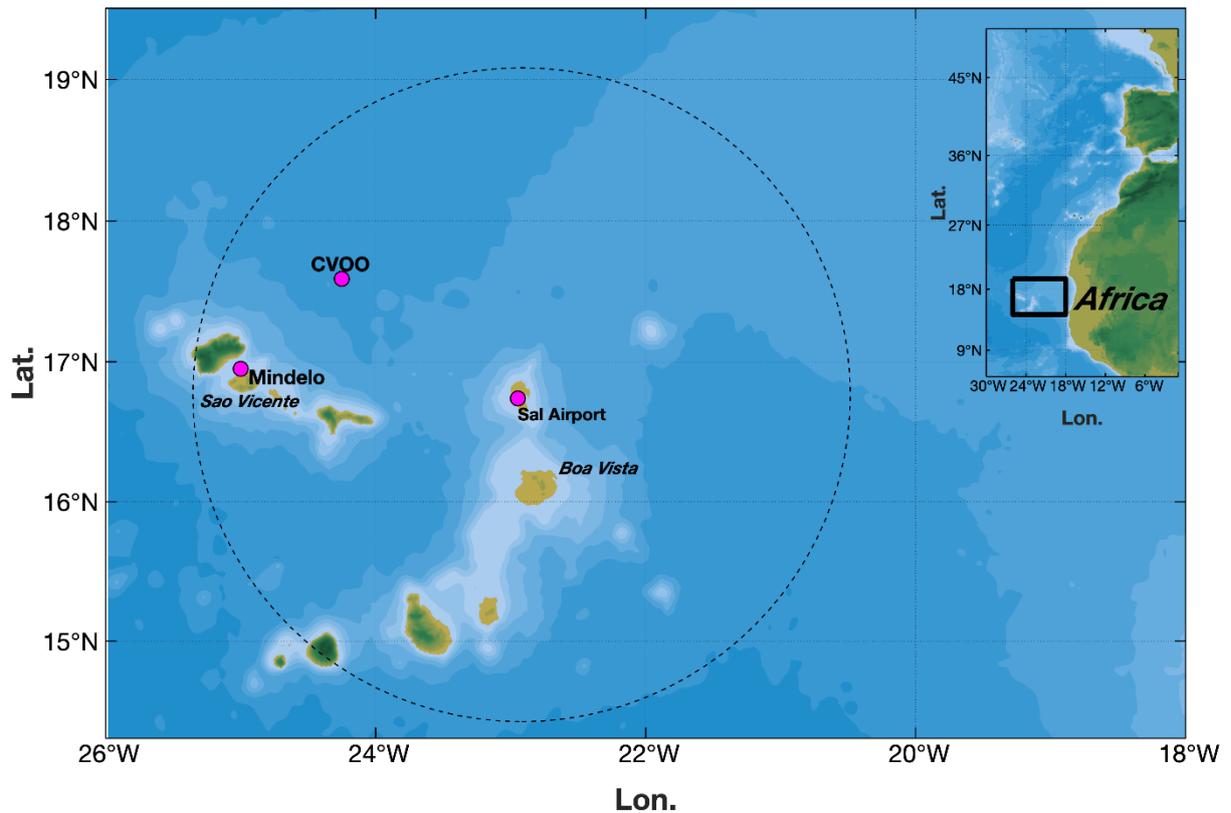


Abb. 1: Geplantes Arbeitsgebiet der METEOR Expedition M160 mit Start- und Endhafen Mindelo. Das Arbeitsgebiet, in dem während der Kampagne zwei individuelle ozeanische Wirbel untersucht werden sollen, ist durch die Reichweite des Forschungs-Segelflugzeug definiert, welches vom Flughafen Sal aus operieren wird.

Fig. 1: Planned working area of the METEOR Expedition M160 with start and end port Mindelo. The working area, in which two individual ocean eddies will be examined during the campaign, is defined by the range of the research glider, which will operate from Sal airport.

Wissenschaftliches Programm

Die Fahrt M160 (MOSES Eddy Study II) zielt darauf ab, eine detaillierte hochauflösende, multiparametrische Studie einzelner Wirbel durchzuführen. Wirbel sind allgegenwärtig und die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Wirbel während des Zeitrahmens und im Arbeitsgebiet der Expedition angetroffen werden, ist sehr hoch. Vor Westafrika werden das ganze Jahr über Wirbel erzeugt, wobei die Häufigkeit im Sommer am höchsten ist. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $3,0 \pm 2,5 \text{ km d}^{-1}$ entlang ihrer typischen Westtrajektorien hat dieses Maximum der Wirbelhäufigkeit bis November/Dezember die Region nordöstlich des kapverdischen Archipels erreicht. Der Einsatzbereich des Motorseglers Stemme S10 VTX (Fachhochschule Aachen), der für die parallele Beobachtung von submesoskaligen Wirbelbildungen in der Luft eingesetzt wird, schränkt dabei die Größe des Arbeitsgebietes ein (Abb. 2).

Scientific Programme

Cruise M160 (MOSES Eddy Study II) aims to carry out a detailed high-resolution, multi-parameter study of individual eddies. Eddies are an omnipresent feature and the likelihood of encountering individual eddies during the timeframe and in the working area of the cruise is very high. Eddies are generated off West Africa throughout the year with a peak in frequency during summer. At an average propagation speed of $3.0 \pm 2.5 \text{ km d}^{-1}$ along their typical westward trajectories this peak in eddy abundance has reached the region to the northeast of the Cabo Verdean archipelago by November/December. This time window therefore provides the highest likelihood for encountering strong eddies in the working area, the extension of which is constrained by the operation range of the Stemme S10 VTX motor glider (Aachen University of Applied Sciences) used for parallel airborne observations of sub-mesoscale eddy features (Fig. 2).



Abb. 2 Die Stemme S-10 VTX ist das neue Forschungsflugzeug der FH Aachen. Das Team besteht zum größten Teil aus Studenten aus mehreren Fachbereichen der FH Aachen.

Fig. 2 The Stemme S-10 VTX is the new research aircraft of the FH Aachen. The team consists for the most part of students from several faculties of the FH Aachen.

Die ambitionierte Wirbelstudie folgt einem Ansatz, der erfolgreich im Rahmen des 2014er "Eddy Hunt Project" (GEOMAR & Universität Kiel) demonstriert wurde, kombiniert mit den erfolgreichen Ansätzen der submesoskaligen Experimente SubEx I und II und der „Expedition Clockwork Ocean“ (HZG). Mit verfeinerten und bewährten automatisierten Erkennungsmethoden unter Verwendung von Fernerkundungsprodukten (Meeresspiegelanomalie, Oberflächentemperatur, Meeresfarbe) ist eine frühzeitige Erkennung von Wirbeln in den Monaten vor der Fahrt möglich. Für die Bestätigung von potenzieller Wirbel werden vor der Fahrt Gleiter vom Ocean Science Centre Mindelo (www.oscm.cv, São Vicente Island, Kap Verde) auf den Weg gebracht. Zwei Gleiter mit einer erweiterten Sensoreinheit (CTD, Sauerstoff, Chlorophyll, Trübung) werden für eine hydrographische Fernvermessung in die Wirbel manövriert. Die Daten der Gleiter ermöglichen es dann, die Eigenschaften der Wirbelkandidaten zu verifizieren. Wirbel, die nachweislich starke und klare Signaturen haben, werden dann für eine detaillierte Studie während M160 ausgewählt.

Während M160 können zwei individuelle Wirbel detailliert untersucht werden, die durch Früherkennungs- und Verifikationschema ausgewählt wurden. Die Art der Wirbel (zyklonal, antizyklonal, antizyklonal Modewasser) wird durch die vor der Fahrt durchgeführte Fernerkundung und in-situ-Beobachtungen bekannt sein. Während antizyklonale Modewasser-Wirbel (ACME) vielleicht die extremsten Eigenschaften aufweisen, sind alle drei Wirbeltypen in dieser Studie von Interesse, da sie eine sehr unterschiedliche Wirkung auf das physikalische und biogeochemische System und damit auf die biologische Pumpe haben. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die beiden benachbarten Wirbel, die während M160 untersucht werden, vom gleichen Typ sind, was die Aussagekraft der Studie erhöht. Bei allen Wirbeln wird erwartet, dass sich die größten Gradienten in einer Tiefe von ca. 100 m direkt unter der Deckschicht befinden, während in der Oberflächenschicht über dem

The ambitious eddy study follows an approach demonstrated successfully during the 2014 “Eddy Hunt Project” (GEOMAR & Kiel University) combined with the successful approaches of the sub-mesoscale experiments SubEx I and II and the “Expedition Clockwork Ocean” (HZG). Using refined and proven automated detection methods employing remote sensing products (sea level anomaly, sea surface temperature, ocean colour) an early detection of eddies will be possible during the months preceding the cruise. For groundtruthing of potential candidate eddies, ocean gliders will be deployed from the ‘Ocean Science Centre Mindelo’ (www.oscm.cv, São Vicente island, Cabo Verde) prior to the cruise. Two gliders carrying an extended sensor suite (CTD, oxygen, chlorophyll, turbidity) will be steered towards the candidate eddies for a remote hydrographic survey. The glider data will allow to unanimously prove (or disprove) the features of the potential eddy candidates. Eddies that are confirmed to have strong and clear signatures will then be selected for detailed study during M160.

We will be able to carry out a detailed study of two individual eddies selected through the early detection and verification scheme described above. The type of eddy (cyclonic, anticyclonic, anticyclonic mode water) will be known on the basis of the pre-cruise remote sensing and in-situ observations. While anticyclonic mode-water eddies (ACME) perhaps host the most extreme properties, all three eddy types are of interest in this study as they will exert a very different forcing on the physical and biogeochemical system and hence the biological pump. It is very unlikely that the two neighbouring eddies to be studied during M160 are of the same type adding to the breadth of the survey. In all eddies it is expected that the largest gradients of the mesoscale eddy are located just beneath the mixed layer at a depth of approx. 100 m, while intense sub-mesoscale activity is expected in the surface layer above the mesoscale core. Special attention will be

mesoskaligen Kern eine intensive submesoskalige Aktivität zu erwarten ist. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Rand des Wirbels geschenkt, wo sich starke vertikale submesoskalige Bewegungen in scharfen Fronten an der Oberfläche konzentrieren können, die den Stoffaustausch mit der mesoskaligen oberen Kappe und dem Kern verbinden. Die Aufklärung dieser gegensätzlichen Rollen durch die Verknüpfung der großen Bandbreite relevanter Skalen ist ein wichtiges und neuartiges Ziel der Studie.

given to the rim of the eddy where strong vertical sub-mesoscale motion may be concentrated in sharp fronts at the surface connecting matter exchange with the mesoscale top cap and core. Elucidating these contrasting roles by connecting the large range of relevant scales is a major and novel aim of the study.

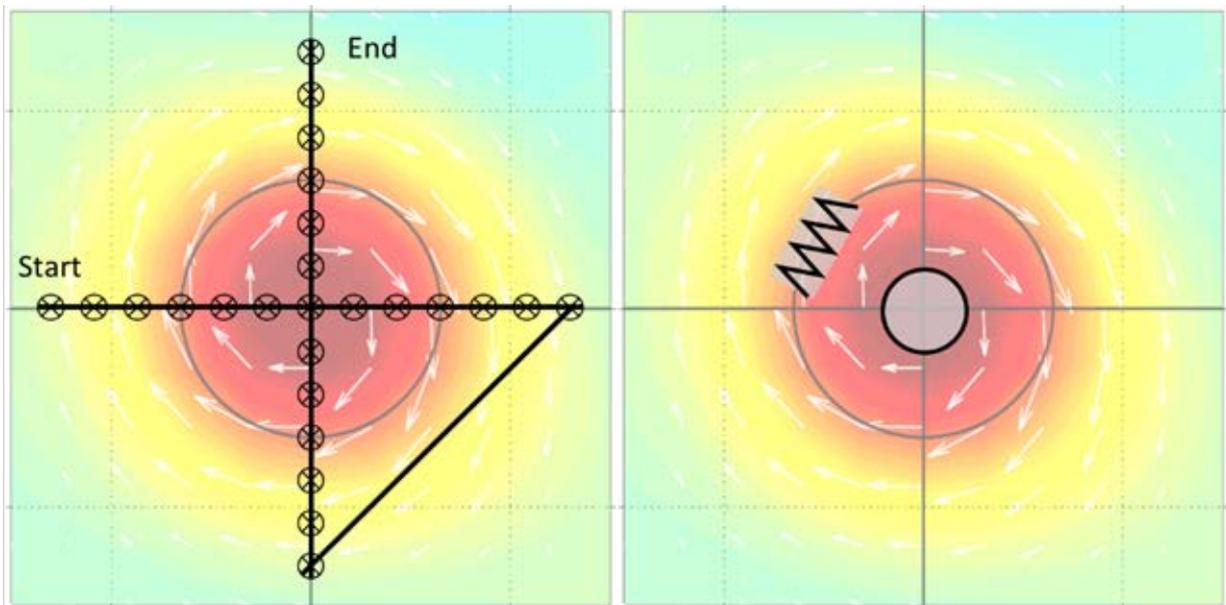


Abb. 3 Schematische Darstellung der hydrographischen Vermessung des mesoskaligen Wirbels (links) und der anschließenden submesoskaligen Untersuchungen an der Frontzone am Wirbelrand oder -kern (rechts).

Fig. 3 Schematic diagram of the initial hydrographic survey of the mesoscale eddy (left) and the subsequent sub-mesoscale studies at the eddy rim or core frontal zone (right).

Arbeitsprogramm

Das Konzept zur Untersuchung eines individuellen Wirbels (Abb. 3) beginnt mit einer detaillierten Untersuchung der mesoskaligen Eigenschaften des Wirbels mit einer horizontalen Skala von ca. 100 km. Dazu gehören das Strömungsfeld in den oberen 1200 m sowie physikalische und eine Reihe biogeochemischer Eigenschaften an der Oberfläche und in den oberen 1200 m der Wassersäule. Auf der Grundlage dieser Untersuchung und mit Hilfe von Fernerkundungsinformationen über Temperatur, Strömung und Ozeanfarbe werden die genauen Standorte der Detailstudien ermittelt. Für diese Studien planen wir zwei Schwerpunkte: (i) Wirbelzentrum mit submarinem Kern und (ii) Frontzone am Rand des Wirbels. Beide submesoskaligen Studien werden eine große Bandbreite an Beobachtungstechniken aufweisen, die gemeinsam eingesetzt werden. Die Untersuchung der einzelnen Wirbel wird die folgende Reihe von Beobachtungsansätzen beinhalten:

Mesoskalige Wirbelvermessung:

- Strömungsvermessung mit am Schiff montiertem akustischem Strömungsmesser (VMADCP);
- Kontinuierliche Unterwegsbeprobung des Oberflächenwassers zur Analyse der hydrographischen Eigenschaften (T, S, O₂, pCO₂, Gesamtgasdruck, Chlorophyll/Trübung, Nährstoffe);
- Hydrographische Untersuchung und diskrete Wasserprobenahme für eine Vielzahl von chemischen und biologischen Parametern mit CTD-Rosette;
- Kontinuierliche Radarmessung von Wellenfeld und Strömungen.

Submesoskalige Vermessung von Wirbelkern/-rand:

- Einsatz von Wave Glidern mit biogeochemischem Sensorkpaket (T, S, O₂, pCO₂, Gesamtgasspannung, Chlorophyll/Trübung) zur autonomen Untersuchung der Oberflächeneigenschaften des Wirbel;
- Einsatz eines Lagrangeschen Drifters mit biogeochemischem Sensorkpaket (T, S, O₂,

Work Programme

The general concept of the study of an individual eddy (Fig. 3) will start with a detailed survey of mesoscale properties of eddy with a horizontal scale of approx. 100 km. This includes the current field in the upper 1200 m as well as physical and a suite of biogeochemical properties at the surface and in the upper 1200 m of the water column. On the basis of this survey and with the aid of remote sensing information of temperature, currents and ocean colour information, the exact locations of the sub-mesoscale studies will be determined. We plan two focus areas for these studies: (i) Eddy centre with sub-surface core, and (ii) frontal zone at rim of the eddy. Both sub-mesoscale studies will feature a large range of observational techniques which will be deployed in a concerted way. The study of the individual eddies will feature the following suite of observational approaches:

Mesoscale eddy survey:

- Underway vessel-mounted Acoustic Doppler Current Profiler (VMADCP) mapping of eddy currents;
- Underway surface seawater sampling for continuous analysis of hydrographic properties (T, S, O₂, pCO₂, total gas tension, chlorophyll/turbidity, nutrients);
- Hydrographic CTD survey and discrete water sampling for a large number of chemical and biological parameters;
- Underway hydrographic radar observations of waves and currents.

Sub-mesoscale study of eddy core/rim:

- Deployment of Wave Gliders with biogeochemical sensor package (T, S, O₂, pCO₂, total gas tension, chlorophyll/turbidity) for autonomous survey of surface water properties in the top cap of the eddy;
- Deployment of surface-tethered Lagrangian drifter with biogeochemical sensor

- pCO₂, Gesamtgasdruck, Chlorophyll/Trübung) zur autonomen Erfassung der Wassereigenschaften unterhalb der Deckschicht des Wirbels;
- Einsatz von frei treibenden Sedimentfallen und Marine Snow Catcher zur Erfassung des vertikalen Partikelflusses im Wirbelzentrum;
 - Einsatz einer Partikelkamera bis 500 m Tiefe zur Untersuchung von Partikeldichte und physikalischen Eigenschaften;
 - Einsatz von Oberflächendriftern zur Kartierung der Oberflächenströmungen;
 - Durchführung von kurzfristigen Vermischungsversuchen mit einem Farbstoff (Rhodamin WT) am Rande des Wirbelkerns;
 - Einsatz von Slocum-Gleitern mit optischen Sensoren zur Beobachtung der Farbstoffdispersion und von Slocum-Gleitern mit Turbulenzsonden zur Messung der Mikrostruktur;
 - Vermessung von Mikrostruktur und Turbulenz mit freifallender Mikrostruktursonde;
 - Einsatz einer Schleppinstrumentenkette mit ca. 15 Sensoren (T, S, p, Chlorophyll, O₂) in 0-100 m Wassertiefe;
 - Kontinuierliche Radarmessung von Wellenfeld und Strömungen.
 - Betrieb des selbststartenden Hochleistungs-Motorsegler Stemme S10 VTX (FH Aachen) zur Fernerkundung (T, Ozeanfarbe) von submesoskaligen Fronten auf mehreren Flügen ab dem internationalen Flughafen Sal (SID). Die Daten werden in Echtzeit an das Schiff übermittelt.
- *Deployment of free-drifting sediment traps and Marine Snow Catcher for collection of vertical particle flux in eddy centre;*
 - *Deployment of a particle camera down to 500 m to study particle standing stocks and physical characteristics;*
 - *Deployment of surface drifters for mapping of surface currents;*
 - *Execution of short-term dye tracer release experiments (rhodamine WT) at the rim of the eddy core;*
 - *Deployment of Slocum glider with optical sensors for rhodamine for observation of dye tracer dispersion and microstructure, and Slocum gliders with turbulence probes;*
 - *Survey of microstructure and turbulence with free-falling microstructure profiler;*
 - *Survey with Towed Instrument Chain in 0-100 m water depth with approx. 15 sensors (T, S, p, chlorophyll, O₂);*
 - *Underway hydrographic radar observations of waves and currents and surface features.*
 - *Operation of high performance self-launching motorglider Stemme S10 VTX (Aachen University of Applied Sciences) for remote sensing (T, ocean colour) of sub-mesoscale frontal features on several flights out of Sal international airport (SID). The data will be transmitted to the vessel in real time.*

	Tage/days
Auslaufen von Mindelo (Kap Verde) am 23.11.2019 <i>Departure from Mindelo (Cabo Verde) 23.11.2019</i>	
Transit zum ersten Arbeitsgebiet / <i>Transit to first working area</i>	1
Detaillierte Wirbelstudie des ersten Wirbels <i>Detailed study of first eddy</i>	12
Transit zum zweiten Arbeitsgebiet / <i>Transit to second working area</i>	1
Detaillierte Wirbelstudie des zweiten Wirbels <i>Detailed study of second eddy</i>	12
Transit zum Hafen Mindelo / <i>Transit to port</i>	1
	Total 27
Einlaufen in Mindelo (Kap Verde) am 20.12.2019 <i>Arrival in Mindelo (Cabo Verde) 20.12.2019</i>	

Bordwetterwarte / Ship's meteorological Station

Operationelles Programm

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

Aufgaben

1. Beratungen.

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

2. Meteorologische Beobachtungen und Messungen.

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

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

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

Operational Program

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

Duties:

1. Weather consultation.

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

2. Meteorological observations and measurements.

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

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

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

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

DWD

Deutscher Wetterdienst
Seeschiffahrtsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
20359 Hamburg / Germany
Internet: www.dwd.de

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstraße 1-3
24148 Kiel / Germany

HZG

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Institut für Küstenforschung
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht / Germany

UNI-HB

Universität Bremen & MARUM Zentrum für Marine Geowissenschaften
Leobener Str. 8
28359 Bremen / Germany

UNI-KL

Universität Kaiserslautern
Fachbereich Biologie
Erwin-Schrödinger-Straße 14
67663 Kaiserslautern / Germany

Das Forschungsschiff / *Research Vessel METEOR*

Das Forschungsschiff METEOR dient der weltweiten grundlagenbezogenen deutschen Hochsee-Forschung und der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf diesem Gebiet.

The research vessel METEOR is used for German basic ocean research world-wide and for 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.

The vessel 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.

The vessel is operated as an 'Auxiliary Research Facility' by the German Research Foundation (DFG). The DFG is assisted by an Advisory Board.

Der Schiffsbetrieb wird zu 70% von der DFG und zu 30% vom BMBF finanziert.

The vessel is financed to 70% by the DFG and to 30% by the BMBF.

Dem DFG Gutachterpanel Forschungsschiffe (GPF) obliegt die wissenschaftliche Begutachtung der Fahrtvorschläge, sie benennt die Fahrtleitung.

The reviewer panel of the DFG evaluates the scientific proposals and appoints the chief scientists.

Die Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe der Universität Hamburg ist für die wissenschaftlich-technische, logistische und finanzielle Vorbereitung, Abwicklung und Betreuung des Schiffsbetriebes verantwortlich. Sie arbeitet einerseits mit der Fahrtleitung partnerschaftlich zusammen, andererseits ist sie Partner der Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

The German Research Fleet Coordination Centre at the University of Hamburg is responsible for the scientific, technical, logistical and financial preparation and administration of the research vessel as well as for supervising the operation of the vessel. On one hand, it cooperates with the chief scientists on a partner-like basis and on the other hand it is the direct partner of the managing owners Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

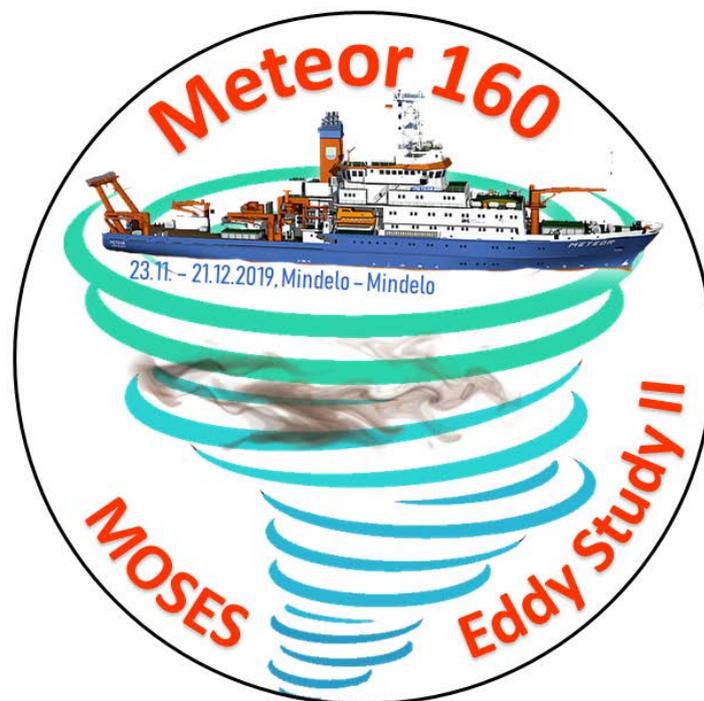


Research Vessel

METEOR

Cruise No. M160

23.11.2019 – 20.12.2019



MOSES Eddy Study II

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 0935-9974