

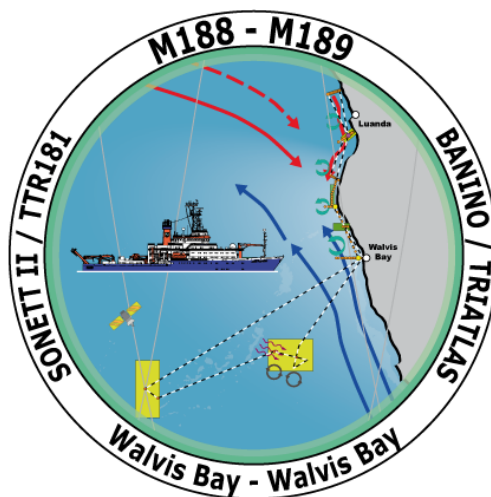


Forschungsschiff

METEOR

Reisen Nr. M188 - M189

07. 03. 2023 - 13. 05. 2023



**Synoptische Beobachtungen zur Untersuchung von Energieübertragung
und Turbulenz im Ozean, SONETT II**

**Benguela Niños: Physikalische Prozesse und langperiodische Variabilität,
BANINO**

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

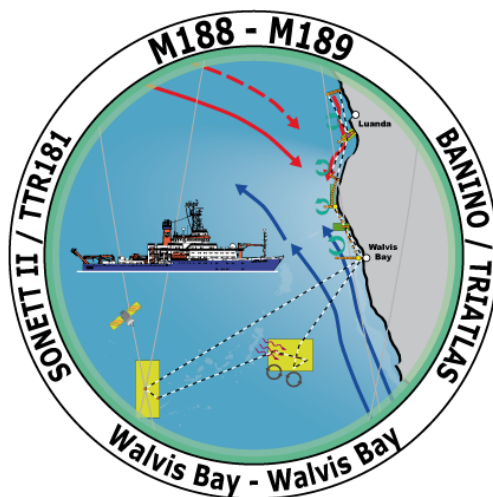


Forschungsschiff / *Research Vessel*

METEOR

Reisen Nr. / *Cruises No.* M188 - M189

07. 03. 2023 - 13. 05. 2023



Synoptische Beobachtungen zur Untersuchung von Energieübertragung und Turbulenz im Ozean, SONETT II

Synoptic Observations - a Nested approach to study Energy Transfer and Turbulence in the ocean, SONETT II

Benguela Niños: Physikalische Prozesse und langperiodische Variabilität, BANINO
Benguela Niños: Physical processes in upwelling regions and long-term variability, BANINO

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 0935-99

Anschriften / *Addresses*

Dr. Christian Mertens
Universität Bremen
Institut für Umweltphysik
Otto-Hahn-Allee 1
D-28359 Bremen

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

Dr. Marcus Dengler
Physikalische Ozeanographie
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für
Meeresforschung Kiel
Düsternbrookerweg 20
D-24105 Kiel

Telefon: +49 431 600-4107
Telefax: +49 431 600-4102
E-Mail: mdengler@geomar.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-research.de

GPF-Geschäftsstelle
Gutachterpanel Forschungsschiffe
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 / *METEOR Cruises M188 – M189*

07. 03. 2023 - 13. 05. 2023

**Synoptische Beobachtungen zur Untersuchung von Energieübertragung und Turbulenz
im Ozean, SONETT II**

*Synoptic Observations - a Nested approach to study Energy Transfer and Turbulence in the
ocean, SONETT II*

Benguela Niños: Physikalische Prozesse und langperiodische Variabilität, BANINO
Benguela Niños: Physical processes in upwelling regions and long-term variability, BANINO

Fahrt / Cruise M188

07.03.2023 - 13.04.2023

Walvis Bay (Namibia) - Walvis Bay (Namibia)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*: Dr. Christian Mertens

Fahrt / Cruise M189

16.04.2023 - 13.05.2023

Walvis Bay (Namibia) - Walvis Bay (Namibia)

Fahrtleitung / *Chief Scientist*: Dr. Marcus Dengler

Koordination / *Coordination*

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

German Research Fleet Coordination Centre

Kapitän / *Master* METEOR

M188 - Derk-Ude Apetz

M189 - Rainer Hammacher

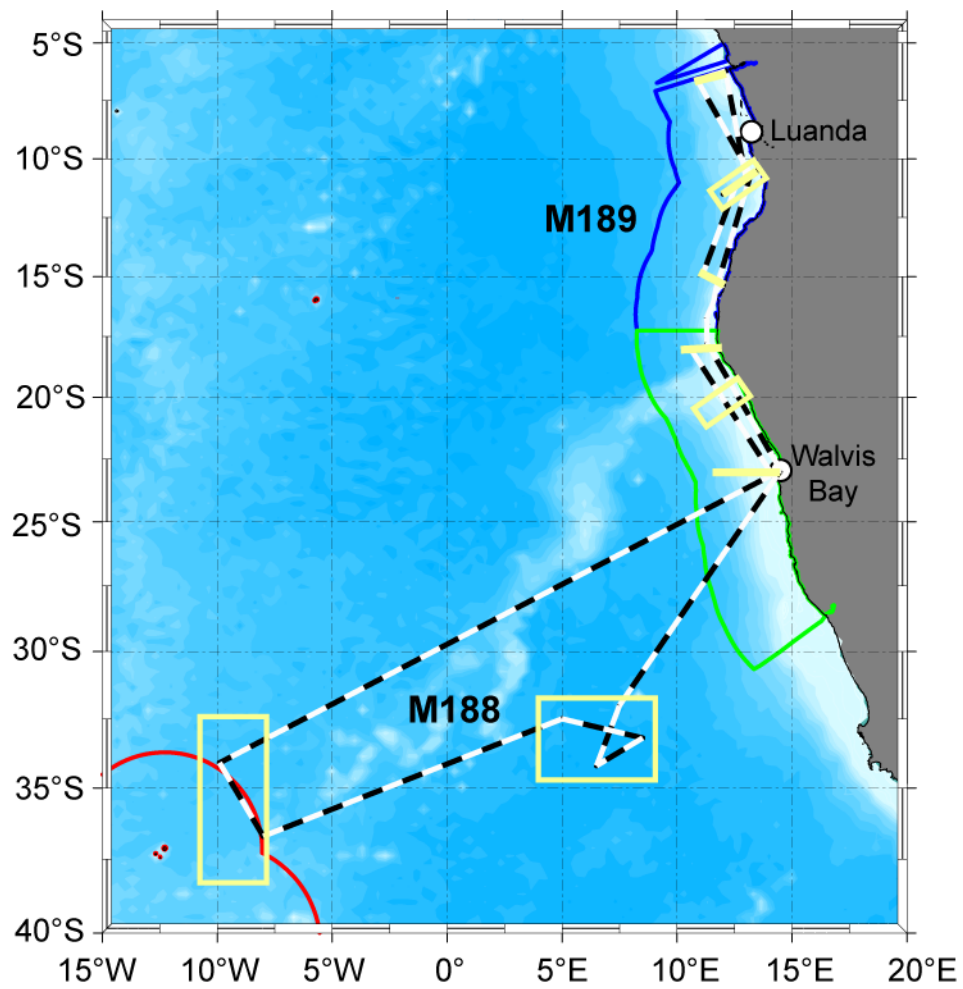


Abb. 1: Geplante Fahrtrouten und Arbeitsgebiete der METEOR Expeditionen M188 - M189.

Fig. 1: Planned cruise tracks and working areas of METEOR cruises M188 - M189.

Übersicht

Fahrt M188

Energetische Imbalancen in derzeitigen Klimamodellen können die gleiche Größenordnung haben wie das energetische Ungleichgewicht des Klimasystems aufgrund der anthropogenen Treibhausgasemissionen. Dies führt zu systematischen Fehlern und schränkt die Vorhersagefähigkeit der Modelle ein. Der Sonderforschungsbereich TRR181 "Energietransfers in Atmosphäre und Ozean" zielt darauf ab, diese Probleme zu verringern, indem das physikalische Verständnis der Energietransfers zwischen den wichtigsten dynamischen Regimen (geostrophischen Zirkulation, Schwerewellen und Turbulenz) verbessert wird.

Die METEOR-Fahrt M188 „SONETT II“ in den Südostatlantik führt Beobachtungsprojekte des TRR181 zusammen, mit dem Ziel verschiedene Prozessstudien zu kombinieren, um so viele Energiekompartimente wie möglich zu beobachten. Gleichzeitig findet die Fahrt parallel zur sogenannten 'Fast-Sampling'-Phase (CalVal) der Satellitenmission Surface Water and Ocean Topography (SWOT) statt. SWOT wird die Höhe der Meeresoberfläche mit einer noch nie dagewesenen Auflösung messen.

In den Untersuchungsgebieten am Walvisrücken wird Energie von barotropen in barokline/interne Gezeiten umgewandelt und diese interagieren mit Wirbeln aus der Agulhasretroflexion. Außerdem kommt es zur Bildung von Fronten und Filamenten. Das Beobachtungsprogramm umfasst die Untersuchung von Prozessen in der Deckschicht, meso- und submesoskaliger Zirkulation, internen Wellen und Energiedissipation. Ergänzt wird es durch ein Modellierungsprojekt, bei dem ein allgemeines Zirkulationsmodell für den Ozean mit einem Teleskopgitter für die beobachtete Region erstellt wird.

Synopsis

Cruise M188

Energetic inconsistencies in present climate models feature errors of the same magnitude as the energy imbalance of Earth's climate system due to anthropogenic greenhouse gas emissions. This leads to biases that limit the models ability to predict climate relevant physical processes. The collaborative research centre TRR181 'Energy Transfers in Atmosphere and Ocean' aims to address these shortcomings by deepening the physical understanding of energy transfers between the main dynamical regimes, i.e., geostrophic motions, gravity waves, and turbulence.

The METEOR expedition M188 SONETT II to the southeast Atlantic is an integrative effort within the TRR181. It brings together observational projects with the aim to combine different process studies to observe as many energy compartments as possible. The cruise will take place in parallel with the so called 'fast-sampling' (CalVal) phase of the Surface Water and Ocean Topography (SWOT) satellite mission. SWOT will measure sea surface height with unprecedented resolution.

In the study areas near the Walvis Ridge, energy is converted from barotropic to baroclinic tides, eddies emanating from the Agulhas retroflexion pass through affecting eddy/internal wave interaction, and the formation of fronts and filaments. The observational programme includes the study of mixed-layer processes, mesoscale and sub-mesoscale circulation, horizontal mixing processes, internal waves, and energy dissipation. It is complemented by a modelling project where a general circulation ocean model is set up with a telescoping grid for the observed region to evaluate the consistency

Fahrt M189

In den vergangenen Jahrzehnten erfuhr das Klima des tropischen Atlantiks ausgeprägte Verlagerungen. Am deutlichsten waren die Veränderungen in den östlichen Auftriebsgebieten ausgeprägt. Der Einfluss des regionalen Klimawandels ist jedoch komplex und noch nicht vollständig verstanden.

Das Ziel des mit der METEOR-Fahrt M189 in Verbindung stehenden BMBF-Verbundvorhabens „Benguela Niños: Physikalische Prozesse und langperiodische Variabilität (BANINO)“ ist es, das Ozeanbeobachtungssystem vor der Küste von Südwestafrika weiter auszubauen, um die Variabilität des Küstenauftriebs auf Zeitskalen von Wochen bis Dekaden zu vermessen und verstehen zu können. Im ebenfalls mit der Fahrt in Verbindung stehenden EU Verbundprojekts „Tropical and South Atlantic climate-based marine ecosystem predictions for sustainable management (TRIATLAS)“ wird der aktuelle Zustand des Ökosystems Meer im Süd- und tropischen Atlantiks untersucht, um künftige Veränderungen besser vorauszusagen.

Das Hauptziel des Messprogramms ist es, die Variabilität der Zirkulation und des Küstenauftriebs auf Zeitskalen von Wochen bis Dekaden zu vermessen. Einen Schwerpunkt bilden Untersuchungen der physikalischen Prozesse, die für den Küstenauftrieb, die Produktion und Emission von Treibhausgasen und der biologischen Produktivität von Bedeutung sind. Dazu zählen der ozeanische Antrieb durch den Wind, die Rolle von gezeiten-erzeugten internen Wellen und die durch sie verursachte turbulente Vermischung, die Rolle von Frischwassereinträgen sowie dynamische Prozesse an der Angola-Benguela Front. Einen weiteren Schwerpunkt bilden biogeochemische Untersuchungen des Schwefelkreislaufs im Hinblick auf toxische sulfidische Ereignisse.

Cruise M189

In the past decades, the tropical Atlantic climate experienced pronounced shifts. The related oceanic changes were largest in the eastern boundary upwelling systems. However, the impact of the regional climate change is complex and not fully understood.

The major aim of the project related to the METEOR expedition M189, the BMBF-collaborative project “Benguela Niños: Physical processes and long-term variability (BANINO)” is to enhance and service the ocean observing system off southwest Africa aimed at studying the variability of the eastern boundary circulation and upwelling on time scales from subseasonal to decadal. Another cruise-related project, the EU-collaborative project „Tropical and South Atlantic climate-based marine ecosystem predictions for sustainable management (TRIATLAS)“ aims at assessing the status of the South and Tropical Atlantic marine ecosystem and developing a framework for predicting its future changes.

The main objective of the measurement programme is to observe the variability of the eastern boundary circulation and upwelling on time scales from subseasonal to decadal. A focus of the measurement programme is to investigate the physical processes relevant for upwelling variability and its consequences for trace gas emissions and biological productivity. The processes include variability of wind-driven upwelling, variability of tidally generated internal waves and mixing on the continental slope and shelf, riverine freshwater input and precipitation, and frontal dynamics at the Angola-Benguela frontal zone. Another focus is on biogeochemical studies related to the sulfur cycle with respect to toxic sulfide events.

Wissenschaftliches Programm

Das wissenschaftliche Programm dieser Fahrt ist Teil der zweiten Phase des DFG TRR 181 "Energy transfers in atmosphere and ocean" (www.trr-energytransfers.de). Ein wichtiges Ziel der Fahrt ist die Durchführung von In-situ-Beobachtungen parallel zur CalVal-Phase der Satellitenmission Surface Water and Ocean Topography (SWOT).

Die Region des Walvisrückens vereint starke Signale interner Gezeiten, deren Wechselwirkung mit der Topographie und mesoskaligen Wirbeln, Prozesse an Fronten und Filamenten sowie Ozean-Atmosphäre-Wechselwirkungen. Die Fahrt steht in engem Zusammenhang mit einer neuen ICON-o-Teleskopkonfiguration, einem hochauflösenden globalen Modell mit einer erhöhten Auflösung von bis zu 500 m im Untersuchungsgebiet der Fahrt. Ziel ist die Beschreibung und Modellierung des Energietransfers von Gezeiten, Wind und horizontalen Flüssen über die Submesoskala bis hin zur Dissipation.

Die Arbeiten sind Teil der folgenden TRR-Projekte:

T2: Energetik der Ozeanoberflächenschicht.

W2: Streuung und Brechung niedrig-modiger interner Gezeiten durch Interaktion mit mesoskaligen Wirbeln.

W4: Schwerewellenparametrisierung für den Ozean.

W5: Dissipation Interner Wellenenergie und Wellenzahlspektren: Adaptive Beobachtungen im Inneren des Ozeans.

L3: Meso- bis submesoskalige Turbulenz im Ozean.

Scientific Programmes

The scientific programme of this cruise is part of phase two of the DFG TRR 181 'Energy transfers in atmosphere and ocean' (www.trr-energytransfers.de). A major goal of the cruise is to make in-situ observations in parallel to the CalVal phase of the Surface Water and Ocean Topography satellite mission (SWOT).

The Walvis Ridge region combines strong signals of internal tides, their interaction with topography and mesoscale eddies, processes at fronts and filaments, and air-sea interaction. The cruise is closely linked to and supported by a dedicated new ICON-o telescope configuration, a high-resolution global model with an increased resolution of up to 500 m in the study area of the cruise. The aim is to describe and to model the energy transfer from tides, winds and lateral fluxes via the (sub)mesoscale to dissipation.

The field work is part of the following TRR projects:

T2: Ocean surface layer energetics.

W2: Scattering and refraction of low-mode internal waves by interaction with mesoscale eddies.

W4: Gravity wave parameterization for the ocean.

W5: Internal wave energy dissipation and wavenumber spectra: adaptive sampling in the ocean interior.

L3: Meso- to submesoscale turbulence in the ocean.

Die drei dynamischen Hauptregime der Atmosphäre und des Ozeans können wie folgt klassifiziert werden:

- kleinskalige Turbulenz bis hinunter zu den kleinsten Raum- und Zeitskalen,
- interne Schwerewellen über einen weiten Bereich von Raumskalen und
- geostrophisch ausgeglichene Bewegung auf großen Raum- und Zeitskalen.

Zusammen mit externen Kräften und dem Austausch mit interner Energie bilden die Energieübertragungen zwischen diesen drei dynamischen Regimen den globalen Energiekreislauf. Die Umwandlung von kinetischer Energie in interne Energie durch molekulare Reibung in Grenzschichten oder im Inneren des Ozeans findet auf den dissipativen Skalen statt, die für das kleinräumige turbulente Regime relevant sind, d. h. unterhalb von Zentimetern im inneren Ozean.

Die turbulente kinetische Energie wird wiederum von dissipativen Prozessen gespeist, die auf größeren Skalen wirken wie die Dissipation von Schwerewellen durch Scherung oder konvektive Instabilität. Auf noch größeren Skalen können interne Schwerewellen mit der geostrophischen submeso-, meso- bis großskaligen Zirkulation interagieren und von dieser erzeugt werden, z. B. durch Strömung über die Topographie oder direkten Verlust des geostrophischen Gleichgewichts und Wellenemission.

Der Impulsaustausch zwischen den verschiedenen dynamischen Regimen ist ebenfalls wichtig, um die Mechanismen der Zirkulation und des Energiekreislaufs zu verstehen. Das Brechen von Wellen, die Wechselwirkung von Wellen mit der mittleren Strömung und der Schichtung und insbesondere die Wechselwirkungen zwischen Wellen und die daraus resultierenden spektralen Energietransfers innerhalb des Wellenfeldes zu kleineren Wellenlängen sind hingegen kaum verstanden, aber

The three most important principal dynamical regimes of the atmosphere and the ocean can be classified as:

- *small-scale turbulence down to the smallest space and time scales,*
- *internal gravity waves over a wide range of spatial scales and*
- *geostrophically balanced motion at large space and time scales.*

Together with external forcing and exchanges with internal energy, the energy transfers among these three principal dynamical regimes constitute the global energy cycle. The conversion of kinetic energy to internal energy by molecular friction in boundary layers or the interior takes place at the dissipative scales relevant for the small-scale turbulent regime, i.e. below centimeters in the interior ocean.

The turbulent kinetic energy in turn is fed by dissipative processes acting on larger scales, such as the dissipation of gravity waves by shear or convective instability. Going to even larger scales, internal gravity waves can interact with and can be generated by the geostrophically balanced submeso-, meso- to large-scale circulation, e.g. by flow over topography or direct loss of geostrophic balance and wave emission.

Momentum exchange between the different dynamical regimes is also important to understand the mechanisms of the circulation and the energy cycle. However, wave breaking, the interaction of waves with the mean flow and stratification, and especially wave-wave interactions and the resulting spectral energy transfers within the wave field to smaller wavelengths and thus towards wave breaking are hardly understood, but mandatory to understand the effects of gravity waves on the large-scale circulation. On the

zwingend notwendig, um die Auswirkungen von Schwerewellen auf die großräumige Zirkulation zu verstehen. Es ist bekannt, dass die Dichtevermischung auf kleinsten Skalen die Zirkulation im Ozean antreibt und daher von zentraler Bedeutung für die globale meridionale Umwälzzirkulation im Ozean und seine Tiefenventilation ist.

smallest scales, density mixing is known to drive the circulation in the ocean and is thus of central importance for the global meridional overturning circulation in the ocean and its deep ventilation.

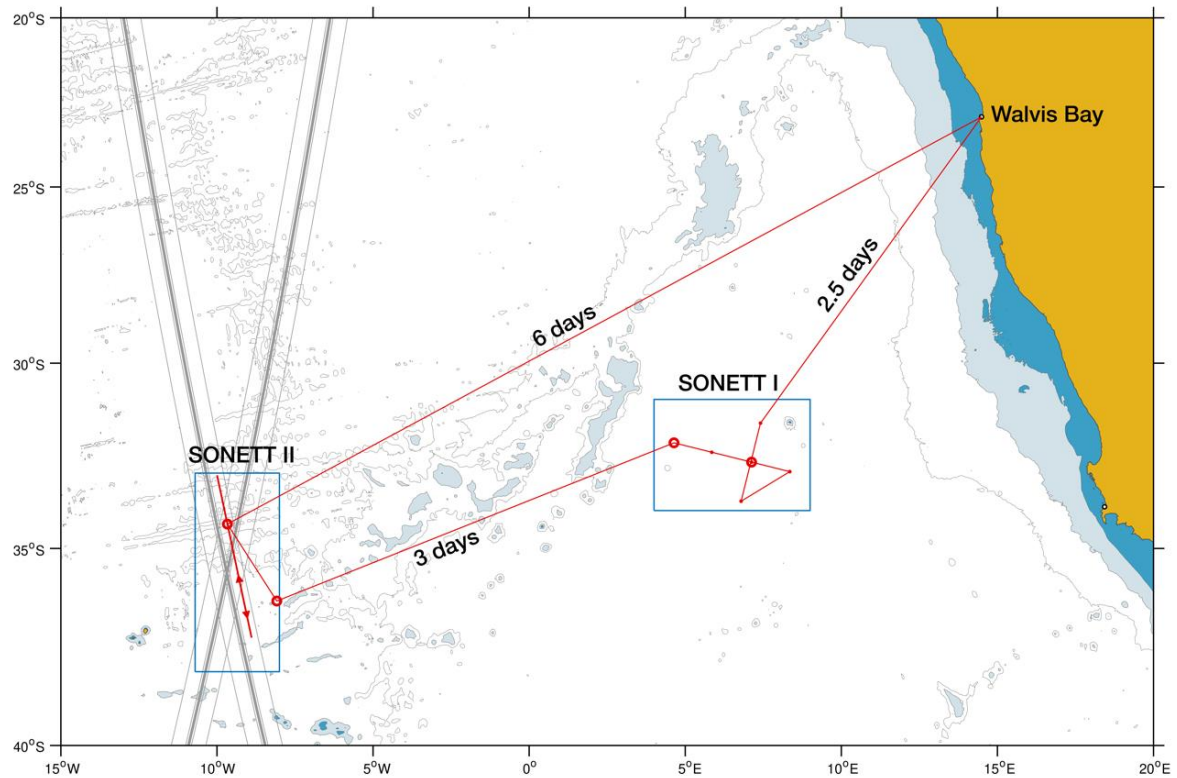


Abb. 2: Geplante Fahrtroute und Arbeitsgebiete der Reise M188 mit Verankerungs- und PIES-Positionen.

Fig. 2: Planned cruise track and working area of cruise with positions of moorings and PIES.

Arbeitsprogramm

a) CTD/LADCP/MSS-Zeitreihenstationen
Wiederholte CTD/LADCP-Profile bis zum Boden im Wechsel mit Mikrostrukturmessungen (MSS) im oberen Ozean über einen Zeitraum von mindestens 36 Stunden, um halbtägliche bis tägliche Gezeiten und Trägheitssignale zu erfassen. Diese Zeitreihen der Schichtung und der Strömungsgeschwindigkeit werden zur Bestimmung der internen Wellenenergie und des Energieflusses verwendet.

b) Verankerungen und PIES

Zwei Langzeitverankerungen und fünf umgedrehte Echolote (PIES), ausgelegt im April 2021 auf der Fahrt SO283, werden geborgen. Beide Verankerungen befinden sich in einer Tiefe von etwa 5000 m und sind mit Strömungsmessern, ADCPs und Temperatur-/Salzgehaltsrekordern ausgestattet. Zwei Kurzzeitverankerungen (ca. 20 Tage) werden im SWOT-Cross-Over Gebiet ausgelegt. Sie werden mit Temperaturloggern, Strömungsmessern und ADCPs ausgestattet, um interne Wellenfrequenzspektren und Zeitreihen der internen Wellenenergieflüsse im Nahträgheits- und Gezeitenfrequenzband zu messen.

c) Glider-Beobachtungen

Aussetzen und Einholen von Glidern, die mit Mikrostruktursensoren ausgestattet sind und Scher- und Temperaturprofile in den oberen 100 und 1000 m der Wassersäule messen. Die Glider sind in der Lage, über einen Zeitraum von etwa vier Wochen kontinuierlich zu messen. Sie werden auf bestimmten Transekten eingesetzt, um die Hintergrundbedingungen zu erfassen, und werden zur wiederholten Beprobung von Fronten, Wirbeln und internen Wellenspektren entlang der SWOT-Altimetrie eingesetzt. Sie haben eine typische horizontale Geschwindigkeit (bei geringen Strömungsverhältnissen) von 0,8 km/h. Die flachen Gleiter werden so konfiguriert, dass sie Proben bis zur Wasseroberfläche nehmen, um die oberflächennahe Turbulenz und die thermische Struktur auf den Upcasts zu erfassen.

Work Programme

a) CTD/LADCP/MSS time series stations
Repeated full-depth CTD/LADCP profiles alternating with microstructure (MSS) measurements in the upper ocean carried out for periods of at least 36 hours to capture semidiurnal to diurnal and inertial signals. These time series of stratification and current velocity will be used to internal wave energy and energy flux.

b) Moorings and PIES

Two long-term moorings and five bottom-mounted inverted echo sounders (PIES) that were deployed in April 2021 on SONNE cruise SO283 will be recovered. Both moorings are in a depth of about 5000 m and equipped with current meters, ADCPs, and temperature/salinity recorders. Two short-term moorings (approx. 20 day deployments) will be positioned in the SWOT cross-over area. They will be equipped with temperature loggers, current meters and ADCPs to measure internal wave frequency spectra and time series of internal wave energy fluxes in the near-inertial and tidal frequency bands.

c) Glider observations

Deployment and recovery of ocean gliders equipped with microstructure sensors measuring shear and temperature profiling the upper 100 m and 1000 m of the water column. The gliders are capable of sampling continuously for an approximately four-week period. They will be deployed over specific transects designed to capture background conditions, and will be used to repeatedly sample specific features such as fronts, eddies, and internal wave spectra along SWOT tracks. They have typical horizontal speeds (under low current conditions) of 0.8 km/hour. The shallow gliders will be configured to sample up to the water surface to collect very near surface turbulence and thermal structure on the upcasts.

d) Oberflächendrifter

Strömungsverfolgende Oberflächendrifter werden Lagrange'sche Trajektorien und oberflächennahe Temperaturmessungen liefern. Es werden SVP-I-XDGS-Drifter von MetOcean Telematics verwendet, die in einem 16-Zoll-Rumpf montiert sind und über Iridium-Telemetrie, einen auf 15 m zentrierten Treibanker und einen Sensor für die Temperatur der Meeresoberfläche verfügen. Die Drifter sind so konzipiert, dass sie etwa 2 Jahre lang verfolgt werden können und nicht geborgen werden. Es wird eine hierarchische Strategie für den Einsatz der Drifter angewandt, um verschiedene Größenordnungen der anfänglichen Abstände zwischen den Driftern abzudecken und so das kleinräumige Dispersionsregime aufzulösen. Die Drifter werden in Paketen eingesetzt, die als Knoten bezeichnet werden. Jeder Knoten besteht aus drei Driftern, die vom Schlauchboot ausgebracht werden, um die Auswirkungen der Schiffsbewegungen zu minimieren.

e) Unterwegsmessungen

Die Schiffs-ADCPs an Bord und eine Underway-CTD (UCTD) werden verwendet, um Geschwindigkeits- und Schichtungsinformationen für die obere Wassersäule zu erhalten. Die Daten werden zur Messung von submesoskaligen Strömungen und internen Wellen verwendet. Die Daten sind besonders wichtig für den Vergleich mit SWOT-Altimetrie.

d) Surface drifters

Current-following surface drifters will provide Lagrangian trajectories and near surface temperature measurements. We will use SVP-I-XDGS drifters from MetOcean Telematics, mounted in a 16" hull and featuring Iridium telemetry, a drogue centered at 15 m and a sea surface temperature sensor. The drifters are designed to be tracked for about 2 years and will not be recovered. A hierarchical drifter deployment strategy is used to cover different scales of initial separations between the drifters, thus resolving the small-scale dispersion regime. The drifters will be deployed in packages called knots. Each knot consists of 3 triplets of drifters, which will be deployed by Zodiac to minimize the impact of the ship's motion.

e) Underway measurements

The shipboard ADCPs and an underway CTD (UCTD) will be used to provide velocity and stratification information for the upper water column. The data will be used to measure sub-mesoscale currents and internal wave shear and strain. The data will be especially important for the comparison with SWOT altimeter data.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise M188**

	Tage/days
Auslaufen aus Walvis Bay (Namibia) am 07.03.2023 <i>Departure from Walvis Bay (Namibia) 07.03.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet 1 / <i>Transit to working area 1</i>	2.5
CTD/LADCP/Mikrostruktur Stationen / <i>CTD/LADCP stations</i>	2.5
Bergung von 2 Verankerungen und 5 PIES <i>Recover of 2 moorings and 5 PIES</i>	1
Transit zum Arbeitsgebiet 2 / <i>Transit to working area 2</i>	3
Einsetzen von Driftern / <i>Surface drifter deployments</i>	2
Gliderarbeiten / <i>Glider deployment and recovery</i>	2
CTD/LADCP/Mikrostruktur Zeitreihenstationen / <i>time series stations</i>	8
Schiffs-ADCP/UCTD Schnitte <i>Underway measurements with shipboard ADCP and UCTD</i>	10
Einsetzen und Bergen von 2 Kurzzeitverankerungen <i>Deployment and recovery of 2 short term moorings</i>	1
Transit zum Hafen Walvis Bay <i>Transit to port Walvis Bay</i>	6
	Total 38
Einlaufen in Walvis Bay (Namibia) am 13.04.2023 <i>Arrival in Walvis Bay (Namibia) 13.04.2023</i>	

Wissenschaftliches Programm

An den tropischen Atlantik angrenzende Länder sind im Hinblick auf gesellschaftliche Entwicklung, Fischfang und Tourismus auf den Ozean angewiesen und daher stark von Klimaschwankungen und Klimaänderungen betroffen. Auch spielen die östlichen Küstenauftriebsgebiete eine wichtige Rolle in der Regulierung des globalen Klimas. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die östlichen Auftriebsgebiete sind komplex und nicht vollständig geklärt. Steigende Temperaturen, Ozeanversauerung und Sauerstoffmangel werden erwartet. Gleichzeitig gibt es Hinweise darauf, dass auch der saisonale Zyklus des Auftriebs und seine zwischenjährige Variabilität beeinträchtigt werden könnten.

Ähnlich zu dem El Niño Phänomen im äquatorialen Pazifik treten in der küstennahen Region vor Angola und Namibia ozeanische Hitzewellen, die Benguela Niños, in mehrjährigen Zeitabständen auf. Diese Ereignisse haben starke Auswirkungen auf das lokale Klima und das Ökosystem. Ein Großteil der zwischenjährigen Variabilität lässt sich durch Fernantriebe mittels äquatorialer Kelvin Wellen erklären, die sich am Ostrand in Form von Küstenkelvinwellen polwärts entlang der Kontinentalabhänge vor Angola und Namibia ausbreiten. Darüber hinaus werden die Benguela Niño und Niñaereignisse auch durch lokale Wind- und Süßwassereinflüsse beeinflusst.

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes "Benguela Niños: Physikalische Prozesse und langfristige Variabilität (BANINO)" und des EU-Kooperationsprojektes "Tropical and South Atlantic climate-based marine ecosystem predictions for sustainable management (TRIATLAS)", soll mit der METEOR-Fahrt M189 das Ozeanbeobachtungssystem der östlichen Randstromzirkulation vor dem südlichen Afrika weiter ausgebaut werden.

Scientific Programmes

Coastal countries of Southwest Africa strongly depend upon their ocean: societal development, fisheries, and tourism face significant changes associated with climate variability and global climate change. Furthermore, the eastern coastal upwelling regions play an important role in regulating global climate. The impact of climate change on eastern boundary upwelling regions is complex and not fully understood. Increasing temperatures, acidification and deoxygenation are expected. At the same time, there are indications that the seasonal cycle of upwelling and its interannual variability might be impacted as well.

Similar to the El Niño phenomenon in the equatorial Pacific, oceanic heat waves, the Benguela Niños, occur on interannual time scales in the nearshore region off Angola and Namibia. These events have strong impacts on the local climate and ecosystem. Most of the observed interannual variability can be explained by remote equatorial forcing communicated by equatorial Kelvin waves that trigger coastally trapped waves propagating poleward along the eastern boundary of Angola and Namibia. In addition, local wind and freshwater forcing also modulates Benguela Niño and Niña events.

Within the BMBF-collaborative project "Benguela Niños: Physical processes and long-term variability (BANINO)" and the EU-collaborative project „Tropical and South Atlantic climate-based marine ecosystem predictions for sustainable management (TRIATLAS)" the METEOR cruise M189 aims to further enhance the ocean observing system of the eastern boundary current system off southern Africa.

Die Ziele sind:

- i. Untersuchung der Variabilität des Auftriebs auf Zeitskalen von Wochen bis dekadisch;
- ii. Untersuchung der für die Auftriebsvariabilität relevanten physikalischen Prozesse und ihre Folgen für die biologische Produktivität wie z.B. das Zusammenspiel von küstennahen Winden und Windrotation, gezeitenbedingten internen Wellen und durch sie induzierte Vermischung auf dem Kontinentalabhang und Schelf, Süßwasserzufuhr durch Flüsse und Niederschläge sowie die Frontdynamik an der Angola-Benguela-Front;
- iii. hochauflösende Simulationen, Fernerkundung von Meeresoberflächenhöhe, Temperatur, Salzgehalt und Chlorophyll sowie In-situ-Beobachtungen zusammenführen, um den Austausch zwischen Randregionen und dem inneren Ozean zu verstehen und die Rolle der Schichtung innerhalb der Randstromregion bei der Entwicklung von Benguela-Niño-Ereignissen zu erfassen;
- iv. die Auswirkungen des sich ändernden mittleren Zustands des südöstlichen tropischen Atlantiks in seiner detaillierten Struktur auf Rückkopplungsprozesse (z.B. Land-See-Druckunterschiede und Küstenjets) und auf Benguela Niño Ereignisse hinsichtlich ihrer Häufigkeit, Stärke, Lage und Auswirkungen sowie ihrer Vorhersagbarkeit zu untersuchen;
- v. die Zusammenarbeit zwischen deutschen und afrikanischen Partnerinstitutionen weiter auszubauen, indem die lokalen Fähigkeiten in der Ozeanbeobachtung, Modellierung und Datenanalyse gestärkt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt der METEOR-Fahrt M189 sind Untersuchungen zu Emission von Treibhausgasen in den Auftriebsgebieten, insbesondere Stickstoffoxid und Methan und Untersuchungen der Schwefeldynamik im Ozean und Sediment im Hinblick auf euxinische Ereignisse.

The objectives are:

- i. investigate the eastern boundary upwelling variability on time scales from subseasonal to decadal;*
- ii. investigate so far not well understood processes relevant for upwelling variability and its consequences for biological productivity, such as the interaction of along-coastal winds and wind curl, tidally generated internal waves and induced mixing on the shelf, riverine freshwater input and precipitation and frontal dynamics at the Angola Benguela frontal zone;*
- iii. synthesize high-resolution simulations, remote sensing of sea surface height, temperature, salinity, and chlorophyll, and in-situ observations to understand the exchange between boundary regions and the interior ocean and to understand the role of stratification within the boundary current region on the development of Benguela Niño events;*
- iv. investigate the impact of the changing southeastern tropical Atlantic Ocean mean state in its detailed structure on feedback processes (e.g., land-sea pressure differences and coastal jets) and on Benguela Niño events with respect to their frequency, strength, location and impacts as well as their predictability;*
- v. further develop the cooperation between German and African partner institutions by enhancing the local capabilities in ocean observing, modelling and data analysis.*

Another focus of the METEOR cruise M189 will be investigations of greenhouse gas emissions in the upwelling regions, in particular of nitrogen oxide and methane, and studies of sulphur dynamics in the ocean and sediment with respect to euxinic events.

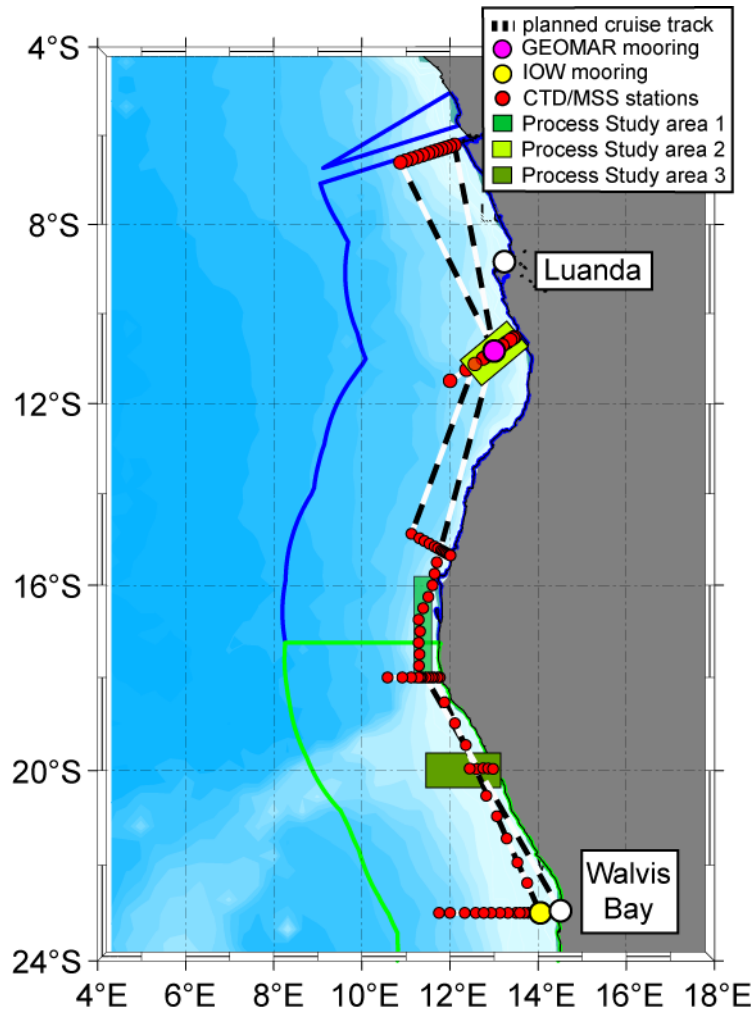


Abb. 3: Geplante Fahrtroute und Arbeitsgebiete der METEOR Expedition M189.

Fig. 1: Planned cruise track and working areas of METEOR cruise M189.

Arbeitsprogramm

Das geplante Arbeitsprogramm (Abb. 3) umfasst die Wartung von Langzeitverankerungen, hydrographische und Geschwindigkeitsprofilmessungen entlang mehrerer Schnitte, zwei Auftriebsprozessstudien mit horizontal hochauflösenden hydrographischen Schnitten, Turbulenzmessungen sowie autonome Messungen mit Ozeangleitern. Darüber hinaus werden die Konzentrationen von Spurengasen im Oberflächenwasser kontinuierlich beprobt.

- Langfristige ozeanographische Verankerungen zur Messung der Variabilität der östlichen Randstromzirkulation und Hydrographie sind bei 11°S und bei 23°S in Wassertiefen von 1500 m bzw. 100 m installiert. Diese Verankerungen werden gewartet und an der gleichen Stelle wieder ausgelegt.
- Hydrographische Messungen (CTD/O₂) werden entlang von 5 überwiegend zonalen Schnitten bei 6°S, 11°S, 15°S, 18°S und 23°S sowie eines meridionalen Schnitts bei etwa 11°E aufgenommen (Abb. 3). Zu den mit dem CTD/O₂-System zu erfassenden Parametern gehören Temperatur, Salzgehalt, Druck, Chlorophyll, Trübung, Nitrat und Partikelerkennung mit einem visuellen Unterwasserprofiler. Alle CTD/O₂-Stationen werden von Mikrostrukturmessungen (MSS) begleitet, welche die Stärke der Turbulenz in der oberen Wassersäule erfassen. Die Wasserproben werden auf eine Vielzahl von Parametern untersucht, darunter Salzgehalt, Sauerstoff, Nährstoffe (NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₃⁴⁻, SiO₂), Spurengase (N₂O), Schwefel (SO₃), die Häufigkeit von Mikroorganismen und die Aktivität einzelner Zellen.
- Es werden zwei Studien zu Auftriebsprozessen durchgeführt. Während dieser 4-tägigen Experimente bei 11°S und 20°S werden horizontal hochaufgelöste Profile von Turbulenz und der Hydrographie über dem Kontinentalhang und dem Schelf aufgezeichnet. Kurzzeitverankerungen zur

Work Programme

The intended work programme (Fig. 3) includes servicing of moorings, hydrographic and velocity sections, two upwelling process studies with high-resolution sampling of hydrography, turbulence, biogeochemical parameters and autonomous measurements by ocean gliders. Additionally, continuous sampling of trace gas concentrations in the surface waters will be carried out.

- *Long-term oceanographic moorings measuring the variability of the eastern boundary circulation and hydrography are installed at 11°S and at 23°S in a water depth of 1500m and 100m, respectively. These moorings will be serviced and reinstalled at the same position.*
- *Hydrographic sections (CTD/O₂) and water samples will be taken along 5 predominantly zonal sections at 6°S, 11°S, 15°S, 18°S and 23°S and along a meridional section at approximately 11°E (Fig. 3). Parameters to be collected include temperature, salinity, pressure, chlorophyll, turbidity, nitrate and particle detection using an underwater vision profiler. All CTD/O₂ stations will be accompanied by microstructure measurements (MSS) to sample the strength of ocean turbulence in the upper water column. Water samples will be analysed for a variety of parameters including salinity, oxygen, nutrients (NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₃⁴⁻, SiO₂), trace gases (N₂O), Sulfur (SO₃), microbial abundances and single cell activity.*
- *Two upwelling process studies will be carried out. During these 4-day-long experiments at 11°S and 20°S, high resolution profiles of turbulence and hydrography across the continental slope and shelf will be taken. Short-term moorings measuring velocity and hydrography will be installed*

Messung von Geschwindigkeit und Hydrographie werden entlang dieser senkrecht zur Bathymetrie verlaufenden Schnitte installiert, und drei Gleiter werden zur Messung von Hydrographie, Trübung, Sauerstoff und Chlorophyll ausgesetzt. Zusätzlich tragen die Gleiter jeweils ein zusätzliches Sensorpaket zur Messung von Nitratkonzentration, Stärke der Turbulenz oder eine Partikelkamera. Hydrographische Profile werden entlang der Kurzzeitverankerung mit einem Moving Vessel Profiler (MVP) bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 5 Knoten aufgenommen.

- Während der gesamten Fahrt werden kontinuierliche Messungen von Spurengas (N_2O , CH_4 und CO) und Sauerstoffkonzentrationen an der Meeresoberfläche durchgeführt, begleitet von Geschwindigkeitsmessungen mit dem akustischen Dopplerströmungsprofiler an Bord.

along sections perpendicular to bathymetry and three ocean gliders will be deployed sampling hydrography, turbidity, oxygen and chlorophyll. Additionally, each glider will be carrying a sensor package to sample nitrate, turbulence or particles using an underwater vision profiler. Hydrographic profiles will be collected along the short-term mooring section using a Moving Vessel Profiler (MVP) while steaming at 5 knots and high-resolution MSS sections will be taken.

- *Continuous measurements of trace gas (N_2O , CH_4 and CO) and oxygen concentrations in the surface ocean will be performed during the whole cruise, accompanied by velocity profiling measurements by the shipboard acoustic doppler current profiler.*

	Tage/days
Auslaufen aus Walvis Bay (Namibia) am 16.04.2023 <i>Departure from Walvis Bay (Namibia) 16.04.2023</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet / <i>Transit to working area</i>	2
11°S Schnitt (CTD/O ₂ , MSS) und Verankerungsarbeiten <i>11°S Section (CTD/O₂, MSS) and mooring operations</i>	3
Transit / <i>Transit</i>	1
6°S Schnitt (CTD/O ₂ , MSS) / <i>6°S Section (CTD/O₂, MSS)</i>	2
Transit / <i>Transit</i>	1
Auftriebsprozessstudie bei 11°S, Gleiter, Kurzzeitverankerungen <i>Upwelling process study at 11°S, glider, short term moorings</i>	4
Transit / <i>Transit</i>	0.5
15°S Schnitt (CTD/O ₂ , MSS) / <i>15°S Section (CTD/O₂, MSS)</i>	1
11°E Schnitt (CTD/O ₂ , MSS) / <i>11°E Section (CTD/O₂, MSS)</i>	1.5
18°S Schnitt (CTD/O ₂ , MSS) / <i>18°S Section (CTD/O₂, MSS)</i>	1.5
Transit / <i>Transit</i>	1
Auftriebsprozessstudie bei 20°S, Gleiter, Kurzzeitverankerungen <i>Upwelling process study at 20°S, glider, short term moorings</i>	4
Transit / <i>Transit</i>	1
23°S Schnitt (CTD/O ₂ , MSS) und Verankerungsarbeiten <i>23°S Section (CTD/O₂, MSS) and mooring operations</i>	2.5
Transit zum Hafen Walvis Bay <i>Transit to port Walvis Bay</i>	1
Total	27
Einlaufen in Walvis Bay (Namibia) am 13.05.2023 <i>Arrival in Walvis Bay (Namibia) 13.05.2023</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
Seeschiffverkehrsberatung
Bernhard-Nocht-Straße 76
20359 Hamburg
Germany

UHB

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

MARUM

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

hereon

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

UHH

Institut für Meereskunde
Universität Hamburg
Bundesstr. 53
20146 Hamburg
Germany

GEOMAR

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Düsternbrooker Weg 20
24105 Kiel
Germany

IOW

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
Seestraße 15
18119 Rostock
Germany

NBI

Niels Bohr Institute
Blegdamsvej 17
2100 Copenhagen
Denmark

SDU

Danish Institute for Advanced Study (DI)
University of Southern Denmark
Fioniavej 34
5230 Odense
Denmark

Das Forschungsschiff / *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 auch 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.

Einerseits arbeitet die LDF partnerschaftlich mit der Fahrtleitung zusammen, andererseits ist sie Partner und Auftraggeber der Reederei Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

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

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.

The vessel is operated as an 'Auxiliary Research Facility' by the German Research Foundation (DFG). The DFG is assisted by an Advisory Board. The operation of the vessel is financed to 70% by the DFG and to 30% by the BMBF.

The Review Panel German Research Vessels (GPF) reviews the scientific cruise proposals. GPF-approved projects are suspect to enter the cruise schedule.

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

On a partner-like basis the LDF cooperates with the chief scientists and the managing owner Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG.

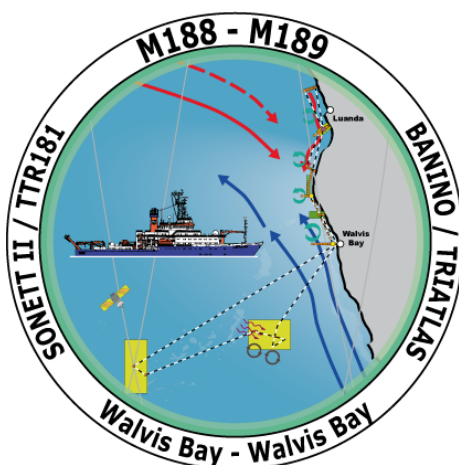


Research Vessel

METEOR

Cruises No. M188 - M189

07. 03. 2023 - 13. 05. 2023



Synoptic Observations - a Nested approach to study Energy Transfer and Turbulence in the ocean, SONETT II

Benguela Niños: Physical processes in upwelling regions and long-term variability, BANINO

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