

Forschungsschiff

MARIA S. MERIAN

Reise Nr. MSM99/2 (GPF-21-1_013)

26.03.2021 - 05.04.2021



Welleninduzierte Pockmarkbildung in der Nordsee Helgoland Pockmarks

Herausgeber:

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

Gefördert durch:

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

ISSN 1862-8869

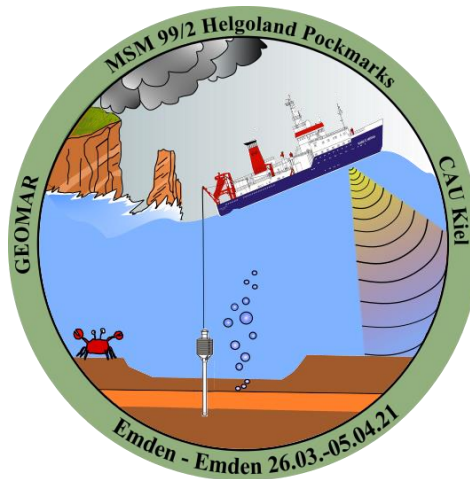


Forschungsschiff / *Research Vessel*

MARIA S. MERIAN

Reise Nr. / *Cruise No.* MSM99/2 (GPF-21-1_013)

26.03.2021 - 05.04.2021



Welleninduzierte Pockmarkbildung in der Nordsee Helgoland Pockmarks

Wave induced pockmark formation in thr North Sea Helgoland Pockmarks

Herausgeber / *Editor:*

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

Gefördert durch / *Sponsored by:*

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
ISSN 1862-8869

Anschriften / *Addresses*

Dr. Christopher Schmidt

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

Telefon: +49 431 600-2867
Telefax: +49 431 600-2928
E-Mail: cschmidt@geomar.de

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

Institut für Geologie
Universität Hamburg
Bundesstraße 55
D-20146 Hamburg

Telefon: +49 40 42838-3640
Telefax: +49 40 42838-4644
E-Mail: leitstelle.ldf@uni-hamburg.de
http: www.ldf.uni-hamburg.de

Reederei Briese

Briese Schiffahrts GmbH & Co. KG
Research | Forschungsschiffahrt
Hafenstraße 6d (Haus Singapore)
D-26789 Leer

Telefon: +49 491 92520-160
Telefax: +49 491 92520-169
E-Mail: research@briese.de
http: www.briese-research.de

GPF-Geschäftsstelle

Gutachterpanel Forschungsschiffe
c/o Deutsche Forschungsgemeinschaft
Kennedyallee 40
D-53175 Bonn

E-Mail: gpf@dfg.de

Forschungsschiff / *Research Vessel* MARIA S. MERIAN

Vessel's general email address

merian@merian.briese-research.de

Crew's direct email address

n.name@merian.briese-research.de

Scientific general email address

chiefscientist@merian.briese-research.de

Scientific direct email address

n.name@merian.briese-research.de

Each cruise participant will receive an e-mail address composed of the first letter of his first name and the full last name.

Günther Tietjen, for example, will receive the address:

g.tietjen@merian.briese-research.de

Notation on VSAT service availability will be done by ship's management team / system operator.

- Data exchange ship/shore : on VSAT continuously / none VSAT every 15 minutes
- Maximum attachment size: on VSAT no limits / none VSAT 50 kB, extendable on request
- The system operator on board is responsible for the administration of all email addresses

Phone Bridge

(Iridium Open Port)

+881 631 814 467

(VSAT)

+46 313 344 820

26.03.2021 - 05.04.2021

**Welleninduzierte Pockmarkbildung in der Nordsee
Helgoland Pockmarks**

*Wave induced pockmark formation in thr North Sea
Helgoland Pockmarks*

Fahrt / Cruise MSM99/2	26.03.2021 - 05.04.2021 Von Emden (Germany) – nach Emden (Germany)
Fahrtleitung / Chief Scientist:	Dr. Christopher Schmidt
Koordination / <i>Coordination</i>	Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe <i>German Research Fleet Coordination Centre</i>
Kapitän / <i>Master</i> MERIAN	Ralf Schmidt

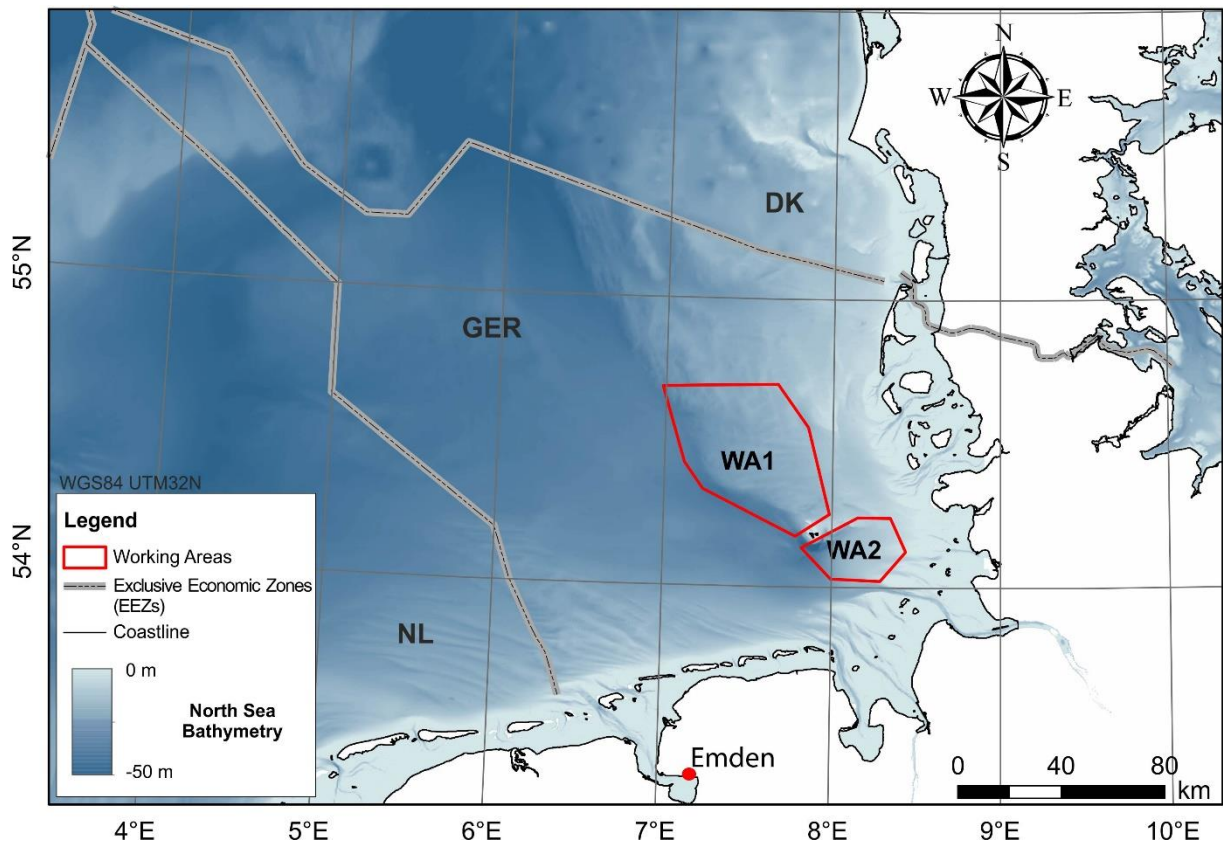


Abb. 1 Geplante Arbeitsgebiete der MERIAN Expedition MSM99/2.

Fig. 1 Planned working areas of MERIAN cruise MSM99/2.

Übersicht

Die Fahrt MSM99/2 verfolgt das Ziel, die periodische Entstehung von Pockmarks nördlich von Helgoland in der Nordsee zu untersuchen. Es wird allgemein angenommen, dass die Pockmarks mit dem Auftreten großer Stürme entstehen. Der vorgeschlagene Mechanismus beruht darauf, dass Wellenbewegungen zu Druckänderungen im Sediment führen und dadurch freies Gas im oberen Sediment gebildet wird und zum Aufsteigen angeregt werden kann.

Um diese Hypothese zu testen, wird während der Reise in zwei Arbeitsgebieten eine Probennahme erfolgen. Das erste Arbeitsgebiet, liegt nördlich von Helgoland. In diesem Gebiet wurden Pockmarks in 2015 erstmals beschrieben. Das zweite Arbeitsgebiet liegt südlich von Helgoland im sogenannten „Helgoländer Schlickgebiet“.

Die geplanten Untersuchungen in beiden Arbeitsgebieten umfassen eine hochauflösende Kartierung des Untersuchungsgebiets sowie eine gezielte geochemische Probennahme von Sedimenten und Porenwasser. Aus den gewonnenen Daten können wir ableiten, wie sich gelöste Gase lokal in den Sedimenten verteilen und räumliche Änderungen feststellen. Zusammen mit landbasierten Laboruntersuchungen der Permeabilität erwarten wir Erkenntnisse über die Entstehung und das Auftreten welleninduzierter Pockmarks in der Nordsee.

Diese Erkenntnisse sind essentiell, um zu verstehen, ob und wie oft solche Pockmarks entstehen und reaktiviert werden können, wodurch mögliche Gefahren für Offshore Bauwerke besser abgeschätzt werden können.

Synopsis

Cruise MSM99/2 aims to investigate the periodic formation of pockmarks north of Helgoland in the North Sea. It is generally assumed that the pockmarks form during the occurrence of large storms. The proposed mechanism is based on the fact that wave movements lead to pressure changes in the sediment and thus free gas is formed in the upper sediment and can be stimulated to rise.

To test this hypothesis, sampling stations in two working areas are planned during the cruise. The first working area is located north of Helgoland. In this area pockmarks were described for the first time in 2015. The second working area is located south of Helgoland in the so-called “Helgoland Mud Area”.

The planned investigations in both working areas include a high-resolution mapping of the study area as well as a targeted geochemical sampling of sediments and pore water. From the data obtained, we can deduce how dissolved gases are distributed locally in the sediments and determine spatial changes. Together with land-based laboratory studies of permeability, we expect to gain insights into the formation and occurrence of wave-induced pockmarks in the North Sea.

These findings are essential to understand if and how often such pockmarks can be generated and reactivated, thus allowing a better assessment of possible hazards for offshore structures.

Wissenschaftliches Programm

Pockmarks entstehen typischerweise, indem freies Gas im Untergrund durch Druckänderungen an die Sedimentoberfläche steigen können und dort durch Mobilisation des Sediments kraterähnliche Strukturen bilden können. Aktuelle Forschungsergebnisse von Krämer et al. (2017) deuten darauf hin, dass in der südöstlichen Nordsee während großer Sturmereignisse Pockmarks entstehen können. Dies wurde vorher noch nicht beobachtet. Der vorgeschlagene Mechanismus beruht darauf, dass Wellenbewegungen zu Druckänderungen im Sediment führen und so Gasaschen im oberen Sediment zum Aufstieg angeregt werden können. Allerdings konnte bisher kein freies Gas im oberen Sediment in der Region nachgewiesen werden.

Eine alternative Hypothese legt zu Grunde, dass sich das freie Gas erst während des Sturms bildet. Dies passiert, da die Löslichkeit von Gas auch vom Druck abhängig ist. Die welleninduzierten Druckänderungen können demnach dazu führen, dass sich genug freies Gas bildet und so vermutlich die Pockmarks gebildet werden. Dieser Prozess ist maßgeblich von der initialen Gassättigung im Porenwasser, sowie einer hohen Permeabilität abhängig.

Im Arbeitsgebiet 1 (WA1), nördlich der Insel Helgoland am Helgoländer Riff gelegen (Abb. 1), beschrieben Krämer et al. (2017) das Auftreten von Pockmarks nach Sturmereignissen. Eine hochauflösende Fächerecholotkartierung im Jahr 2018 hat gezeigt, dass seit dem Bodenströmungen die Sedimente überarbeitet haben und keine Spuren der beschriebenen Pockmarks mehr vorhanden waren (AL 512, Karstens et al., 2018). Dies deutet daraufhin, dass die Pockmarks periodisch entstehen.

Scientific Programme

Pockmarks typically form when free gas in the subsurface can rise to the sediment surface due to pressure changes, where it can form crater-like structures through mobilization of the sediment. Recent research by Krämer et al. (2017) suggests that pockmarks can form in the south-eastern North Sea during large storm events. This has not been observed before. The proposed mechanism relies on wave movements causing pressure changes in the sediment, which can stimulate gas pockets in the upper sediment to rise. However, no free gas has been detected in upper sediment in the region to date.

An alternative hypothesis suggests that the free gas forms just during the storm. This happens because the solubility of gas also depends on pressure. The wave-induced pressure changes can lead to the formation of enough free gas to form the pockmarks. This process is mainly dependent on the initial gas saturation in the pore water and a high permeability.

In Working Area 1 (WA1), located north of Helgoland Island on Helgoland Reef (Fig. 1), Krämer et al. (2017) described the occurrence of pockmarks after storm events. High-resolution multibeam echo sounder mapping in 2018 showed that bottom currents have since reworked the sediments and no traces of the described pockmarks were present (AL 512, Karstens et al., 2018). This suggests that the pockmarks are of periodic appearance.

Während der Reise MSM99/2 sollen Daten erhoben werden, um diese Hypothese zu überprüfen. Hiermit möchten wir folgende Hauptfragen beantworten:

- 1.) Wie stellen sich die lokalen Variationen von organischem Kohlenstoff im Untergrund dar?
- 2.) Was sind die Konzentrationen gelöster Gase wie z.B. CO₂ und CH₄ im Untergrund?
- 3.) Wie sind die hydraulischen Eigenschaften (z. B. die Durchlässigkeit) der Sedimente?
- 4.) Korrelieren die Pockmarks mit Paläoflusstätern (oder Tunneltälern) oder lokalen Depozentren? Können diese Depozentren mit einem höheren Gehalt an organischem Kohlenstoff in Verbindung gebracht werden oder dienen sie als Quelle für potenzielles Fluid, das die Pockmarks gebildet hat?
- 5.) Wie entwickeln sich diese Pockmarks über die Zeit? (durch Vergleich von Subbodenecholot- und Multibeam-Datensätzen aus diesem Vorschlag mit denen von AL512, HE417, HE432, HE441, HE447, HE470)

During cruise MSM99/2 data will be collected to test this hypothesis. Hereby, we want to answer the following main questions:

- 1.) What are the local variations of organic carbon in the subsurface?*
- 2.) What are the concentrations of dissolved gases like CO₂ and CH₄ in the subsurface?*
- 3.) What are the hydraulic properties (e.g. permeability) of the sediments?*
- 4.) Do the pockmarks correlate with paleo river valleys (or tunnel valleys) or local depocenters? Can these depocenters be associated with higher organic carbon content or serve as a source of potential fluid that formed the pockmarks?*
- 5.) How do these pockmarks evolve over time? (By comparing sub bottom echosounder and multibeam datasets from this proposal with those from AL512, HE417, HE432, HE441, HE447, HE470).*

Arbeitsprogramm

Auf der Fahrt planen wir eine Kartierung mit den an Bord installierten Fächerecholotsystemen EM712 und EM122, die den Meeresboden in sehr hoher Auflösung abbilden. Diese bilden auch die Wassersäule ab, um eventuelle Gasfreisetzungen aus dem Meeresboden in Form von Gasfackeln zu identifizieren zu können. Gleichzeitig nutzen wir das hochauflösende Sedimentecholot PARASOUND des Schiffes um die oberste Sedimentabfolge (bis 50 m Tiefe) abzubilden.

Als ersten Schritt im Arbeitsgebiet 1 (WA1), und um sicherzustellen, dass das Post-Processing des Fächerecholots keine systematischen Fehler aufweist, werden wir eine Kalibrierungsmessung an einem Schiffswrack am Meeresboden durchführen, welches sich innerhalb unseres Untersuchungsgebietes befindet (siehe Krämer et al., 2017; 6 NM). Anschließend planen wir regionale (133 NM) und detaillierte hochauflösende (216 NM) Kartierungen. Das Hauptziel der Kartierung mittels Sediment- und Fächerecholote ist die Identifizierung lokaler Sedimentationszentren, die Lokalisierung von unterirdischen glazialen Tunneltälern und möglicherweise Pockmarks (oder Resten davon) am Meeresboden. Basierend auf der hochauflösenden Kartierung werden Einsätze des Schwerelots geplant.

Im Arbeitsgebiet 2 (WA2) planen wir insgesamt 236 NM Kartierungen, davon 200 NM für eine regionale Vermessung und 36 NM für eine detaillierte Aufnahme des Meeresbodens mit den bordeigenen hydroakustischen Systemen. Das dient dazu, mögliche Austritte von Fluiden am Meeresboden zu identifizieren sowie die Beschaffenheit des Untergrundes zu analysieren und Lokationen für das Ausbringen von Sedimentbeprobungsgeräten zu bestimmen.

Die Beprobung der Sedimentkerne soll Informationen über die Verteilung von gelösten Gasen wie z.B. CH₄ und CO₂ im Untergrund liefern. Hierfür werden Head-Space-Proben an jedem Sedimentkern genommen.

Work Programme

For the cruise we plan to map the seafloor with the onboard multibeam echo sounding systems EM710 and EM122, which image the seafloor in very high resolution. They will also image the water column to identify possible gas releases from the seafloor in the form of gas flares. At the same time, we use the ships high-resolution sediment echosounder PARASOUND to image the uppermost sediment sequence (down to 50 m depth).

As a first step, in working area 1 (WA1), and to ensure that the post-processing of the multibeam echosounder is free of systematic errors, we will conduct a calibration survey on a shipwreck on the seafloor located within our study area (see Krämer et al., 2017; 6 NM). Subsequently, we plan to conduct regional (133 NM) and detailed high-resolution (216 NM) mapping. The main objective of the mapping using sediment and multibeam echo sounders is to identify local sedimentation centres, locate subsurface glacial tunnel valleys, and possibly pockmarks (or remnants thereof) on the seafloor. Based on the high-resolution mapping, sediment sampling deployments of the gravity core will be planned.

In Work Area 2 (WA2), we plan to conduct a total of 236 NM of mapping, including 200 NM for a regional survey and 36 NM for a detailed survey of the seafloor using the onboard hydroacoustic systems. This will serve to identify potential seafloor fluid seeps as well as analyse the nature of the subsurface and determine locations for deployment of sediment sampling equipment.

Sediment core sampling will provide information on the distribution of dissolved gases such as CH₄ and CO₂ in the subsurface. For this purpose, head-space samples will be taken at each sediment core.

Die gewonnen Porenwässer werden hinsichtlich ihrer anorganischen Zusammensetzung analysiert. An Bord wird eine Beprobung der Totalen Alkalität erfolgen. Insgesamt sollen 30 Schwerelotkerne beprobt werden.

The pore waters obtained will be analysed with respect to their inorganic composition. Onboard sampling of total alkalinity will be performed. Overall it is planned to take 30 sediment cores.

Die Sedimente werden ferner auf ihren Gehalt an organischem Kohlenstoff, Schwefel und Nitrat gemessen.

Sediments will also be measured for organic carbon, sulphur, and nitrate content.

Ein Teil der gewonnen Sedimentkerne werden an Bord nicht geöffnet und im Originalzustand ins Labor nach Kiel transportiert, um daran Messungen der Permeabilität durchzuführen.

Some of the sediment cores will not be opened on board and will be transported in their original state to the laboratory in Kiel to perform permeability measurements.

Zeitplan / Schedule**Fahrt / Cruise MSM99/2**

	Tage/days
Auslaufen aus Emden (Germany) am 26.03.2021 <i>Departure from Emden (Germany) 26.03.2021</i>	
Transit zum Arbeitsgebiet 1 (WA1)/ <i>Transit to working area 1 (WA1)</i>	0.5
Hydroakustische Messung WA1 <i>Hydroacoustic investigations WA1</i>	3
Sedimentbeprobung WA1 <i>Sediment sampling WA1</i>	2
Transit zum Arbeitsgebiet 2 (WA2)/ <i>Transit to working area 2 (WA2)</i>	0.5
Hydroakustische Messung WA2 <i>Hydroacoustic investigations WA2</i>	2
Sedimentbeprobung WA2 <i>Sediment sampling WA2</i>	1.5
Transit zum Hafen Emden <i>Transit to port Emden</i>	0.5
	Total 10
Einlaufen in Emden (Germany) am 05.04.2021 <i>Arrival in Emden (Germany) 05.04.2021</i>	

Beteiligte Institutionen / *Participating Institutions*

GEOMAR

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstr. 1-3
24148 Kiel/ Germany
www.geomar.de

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)

Institut für Geowissenschaften
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)
Otto-Hahn-Platz 1
24118 Kiel/ Germany
www.ifg.uni-kiel.de/de

Bundesamt für Wasserbau

Referat Ästuarsysteme II
Abteilung Wasserbau im Küstenbereich
Wedeler Landstraße 157
22559 Hamburg/ Germany
www.baw.de

Das Forschungsschiff / *Research Vessel MARIA S. MERIAN*

Das Eisrandforschungsschiff „MARIA S. MERIAN“ dient der weltweiten, grundlagenbezogenen Hochseeforschung Deutschlands und der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf diesem Gebiet.

FS „MARIA S. MERIAN“ ist Eigentum des Landes Mecklenburg-Vorpommern, vertreten durch das Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur. Der Bau des Schiffes wurde durch die Küstenländer Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein sowie das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert.

Das Schiff wird als 'Hilfseinrichtung der Forschung' von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) betrieben. Dabei wird sie von einem Beirat unterstützt. Der Schiffsbetrieb wird zu 70% von der DFG und zu 30% vom BMBF finanziert.

Dem Gutachterpanel Forschungsschiffe (GPF) obliegt die Begutachtung der wissenschaftlichen Fahrtanträge. Nach positiver Begutachtung können diese in die Fahrtpassung aufgenommen werden.

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

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

The polar-margin research vessel „MARIA S. MERIAN“ is used for the German, worldwide marine scientific research and the cooperation with other nations in this field.

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

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

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

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

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



Research Vessel

MARIA S. MERIAN

Cruise No. MSM99/2 (GPF 21-1_013)

26.03.2021 - 05.04.2021



Wave induced pockmark formation in thr North Sea Helgoland Pockmarks

Editor:

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

Sponsored by:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
ISSN 1862-8869