

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

Journal of Applied Hydrography

10/2020

HN 117

*Fokusthema:
Tiefsee*



Consulting



Ocean engineering from space into depth

Realise your projects in cooperation with our hydrographic services

CTDs & SVPs



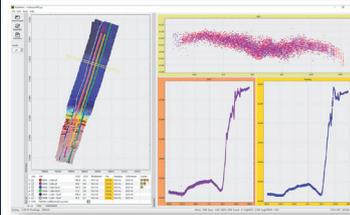
Our hydrography engineers are happy to develop systems tailored exactly to your needs and to provide professional advice and support for setting up your systems and training your staff.

MacArtney Germany benefits from being part of the MacArtney Group and enjoys unlimited access to cutting-edge engineering competences and advanced facilities.

Acoustic sensors



Software



Position and motion sensors



Integration



Liebe Leserinnen und Leser,

vor Ihnen liegt ein Heft über die Tiefsee, die noch immer als unbekannt gelten muss, weil erst etwa 20 Prozent kleinteilig vermessen sind. Das soll sich ändern. Deshalb läuft auf Forschungsschiffen schon auf der Fahrt ins eigentliche Untersuchungsgebiet das Fächerecholot. Die auf diesen Transitstrecken erhobenen Bathymetriedaten sollen in den nächsten Jahren Datenlücken möglichst systematisch schließen. Wie die Datenakquise organisiert ist, lesen Sie im Beitrag von Anne-Cathrin Wöfl und ihren Kollegen ab Seite 14. Doch die Fächerecholote liefern auf den Transitfahrten auch Daten aus der Wassersäule. Solche WCI-Daten aus dem Indischen Ozean hat Wilhelm Weinrebe analysiert, um zu zeigen, wie sich die Biomasse zu unterschiedlichen Zeiten verteilt und das Zooplankton wandert. Seinen begutachteten Beitrag finden Sie gleich auf Seite 6. Mit dem Vermessen und Auswerten ist es nicht getan, wichtig ist auch, die Ergebnisse für die weitere Nutzung bereitzustellen – zum Beispiel im EMODnet-Bathymetrieportal. Näheres über das Projekt erfahren Sie von Thierry Schmitt und Kollegen ab Seite 20.

Wie Meeresgeologen hydrographische Vermessungsmethoden nutzen, um beispielsweise hochaufgelöste Detailkarten von Schlammvulkanen im Mittelmeer zu erstellen, berichten Gerhard Bohrmann und Kollegen ab Seite 28. Die Aufnahmen der Schlammvulkane wurden von einem AUV aus gemacht. Damit ein AUV lange unter Wasser bleiben kann, braucht es eine zuverlässige Stromversorgung, zum Beispiel mit Lithium-Ionen-Batterien. Worauf es dabei ankommt, verrät Stefan Marx ab Seite 34.

Um Lithium-Ionen-Batterien herstellen zu können, ist natürlich Lithium nötig. Ein Rohstoff, der an

Land allmählich knapp wird. Nicht zuletzt deshalb verfiel man auf die Idee, in der Tiefsee nach Rohstoffen zu suchen. Eine Idee, die spaltet: Sollen wir die Tiefsee ausbeuten oder doch lieber bewahren? Keine leichte Frage, schließlich gilt die Tiefsee als gemeinsames Erbe der Menschheit. Die internationale Meeresbodenbehörde ISA soll es nun richten und den Meeresboden gerecht verteilen. Gleich drei Beiträge im Heft beteiligen sich an der Debatte. Uwe Jenisch macht den Anfang (Seite 46). Am Ende seines Beitrags wünscht er sich eine breite Diskussion. Kann er haben. Im nächsten Beitrag kommt Johannes Post als Vertreter der DeepSea Mining Alliance zu Wort (Seite 50). Anschließend beleuchtet Luise Heinrich das Vorhaben aus Sicht der Umwelt (Seite 56).

Wie er zum Tiefseebergbau steht, das haben wir auch Gerhard Bohrmann im Wissenschaftsgespräch gefragt. Seine Antworten auf diese und andere Fragen lesen Sie ab Seite 38. Das Interview ist betitelt mit »Telepräsenz ist genial«. Gemeint ist die Möglichkeit, andere Personen auf Tauchgänge mitzunehmen, obwohl sie gar nicht auf dem Schiff sind, sondern im fernen Büro sitzen. Oder gar zu Hause, was ja in Zeiten von Corona für viele die Regel geworden ist. Ob und wie die Corona-Krise die Hydrographie trifft, war das Thema einer Umfrage, an der sich 16 Männer und leider nur eine Frau beteiligt haben (Seite 64). Die Antworten sind oft deckungsgleich, manchmal aber auch überraschend unterschiedlich.

Bei der Zusammenstellung dieser Ausgabe haben mich persönlich am meisten die vielen Querbezüge zwischen den einzelnen Beiträgen fasziniert. Ich wünsche Ihnen ein ähnliches Erlebnis bei der Lektüre.



Lars Schiller

Hydrographische Nachrichten HN 117 – Oktober 2020

Journal of Applied Hydrography

Offizielles Organ der Deutschen Hydrographischen
Gesellschaft – DHyG

Herausgeber:

Deutsche Hydrographische Gesellschaft e. V.
c/o Innomar Technologie GmbH
Schutower Ringstraße 4
18069 Rostock

ISSN: 1866-9204

© 2020

Chefredakteur:

Lars Schiller
E-Mail: lars.schiller@dhyg.de

Redaktion:

Peter Dugge, Dipl.-Ing.
Horst Hecht, Dipl.-Met.
Holger Klindt, Dipl.-Phys.
Dr. Jens Schneider von Deimling
Stefan Steinmetz, Dipl.-Ing.
Dr. Patrick Westfeld

Hinweise für Autoren und Inserenten:

www.dhyg.de > Hydrographische Nachrichten >
Mediadaten und Hinweise



R2SONIC

Fächerlotsysteme



Sonic 2020



Sonic 2022



Sonic 2024



Sonic 2026

Beispiellose Leistungsfähigkeit mit 256 Beams und 1024

- Soundings bei 160° Öffnungswinkel (einstellbar) und einer Pingrate von 60 Hz
- **Breitbandtechnologie** mit Frequenzwahl in Echtzeit zwischen 200 bis 400 kHz sowie 700 kHz optional
- **Dynamisch fokussierende Beams** mit einem max. Öffnungswinkel von 0,5° x 1° bei 400 kHz bzw. 0,3° x 0,6° bei 700 kHz
- **Höchste Auflösung** bei einer Bandbreite von 60 kHz, bzw. 1,25 cm Entfernungsauflösung
- **Kombinierbar** mit externen Sensoren aller gängigen Hersteller
- **Flexibler Einsatz** als vorausschauendes Sonar und der Fächer ist vertikal um bis zu 30° schwenkbar
- **Zusätzliche Funktionen** wie True Backscatter und Daten der Wassersäule
- **MultiSpectral Modus™**, der es den R2Sonic-Systemen ermöglicht, Backscatter Daten mehrerer Frequenzen in einem einzigen Durchlauf zu sammeln

Nautilus Marine Service GmbH ist der kompetente Partner in Deutschland für den Vertrieb von R2Sonic Fächerecholotsystemen. Darüber hinaus werden alle relevanten Dienstleistungen wie Installation und Wartung kompletter hydrographischer Vermessungssysteme sowie Schulung und Support für R2Sonic Kunden angeboten.

R2Sonic ist ein amerikanischer Hersteller von modernen Fächerecholoten in Breitbandtechnologie. Seit Gründung des Unternehmens im Jahr 2009 wurden weltweit bereits mehr als 1.500 Fächerlote ausgeliefert und demonstrieren so eindrucksvoll die außergewöhnliche Qualität und enorme Zuverlässigkeit dieser Vermessungssysteme.

Schwerpunkt: Tiefsee

Water column imaging

- 6 **Observations of marine life in the Indian Ocean by hydroacoustic water column imaging**
A peer-reviewed paper by WILHELM WEINREBE

Transitbathymetrie

- 14 **Die Herausforderung einer globalen Meeresbodenvermessung und das unterschätzte Potenzial der Datenakquise auf Transitstrecken**
Ein Beitrag von ANNE-CATHRIN WÖLFL, DANIEL DAMASKE, GAUVAIN WIEMER und COLIN DEVEY

Web Map Service

- 20 **The European harmonised bathymetry grid EMODnet Bathymetry**
 Introduction, outlook and contribution from German partners
An article by THIERRY SCHMITT, DICK SCHAAP, GEORGE SPOELSTRA, PATRICIA SLABON, PAUL WINTERSTELLER and KNUT HARTMANN

Schlammvulkane

- 28 **Hochauflösende bathymetrische Untersuchungen im Mittelmeer**
 Eine Schlüsselanalyse zum Verständnis submarinen Schlammvulkanismus
Ein Beitrag von GERHARD BOHRMANN, PAUL WINTERSTELLER, CHRISTIAN DOS SANTOS FERREIRA, MIRIAM RÖMER UND GERRIT MEINECKE

Stromversorgung unter Wasser

- 34 **Lithium-Ionen-Batterien für die Tiefsee**
Ein Beitrag von STEFAN MARX

Wissenschaftsgespräch

- 38 **»Telepräsenz ist genial«**
GERHARD BOHRMANN im Interview

Tiefseebergbau I

- 46 **Tiefseebergbau und »green economy«**
 Rohstoffe, Umweltschutz, neue Technologien, neues Recht
Ein Beitrag von UWE JENISCH

Deep-sea mining II

- 50 **The German DeepSea Mining Alliance in close cooperation with its European members**
An article by JOHANNES POST

Tiefseebergbau III

- 56 **Tiefseebergbau: Ein Umweltproblem?**
Ein Beitrag von LUISE HEINRICH

Stimmungsbild im September

- 64 **Wie geht's der Hydrographie in der Corona-Krise?**
Eine Umfrage von LARS SCHILLER

Die nächsten Fokusthemen

HN 118 (Februar 2021)	Numerische Modelle in der Hydrographie
HN 119 (Juni 2021)	KI in der Hydrographie
HN 120 (Oktober 2021)	Habitatkartierung

Observations of marine life in the Indian Ocean by hydroacoustic water column imaging

A peer-reviewed paper by WILHELM WEINREBE

Present day multibeam echo sounder systems have the capability to record, display, and log backscattered signals from the water column (WCI = water column imaging) in addition to the echoes from the seafloor. This extra information can deliver interesting insights into marine life in the upper water layers but it produces a huge amount of data which requires tremendous time and effort for processing and interpretation. To tackle this, a semi-automated approach has been developed which is based on the conversion of the data into images and applying available image processing techniques. That way the WCI data acquired during eight expeditions in the Indian Ocean had been processed and the relative biomass abundance along an extended North-South profile had been determined. In addition, the WCI data displayed interesting observations of the diurnal migration of zooplankton and revealed an amazing correlation to nocturnal illumination.

Indian Ocean | INDEX project | multibeam echo sounder | single beam echo sounder | WCI | biomass abundance | zooplankton migration
 Indischer Ozean | INDEX-Projekt | Fächerecholot | Single-Beam-Echolot | WCI | Biomasseverteilung | Zooplankton-Wanderung

Moderne Fächerecholotsysteme sind in der Lage, neben der Kartierung des Meeresbodens auch Reflexionen aus der Wassersäule (WCI: water column imaging = »Wassersäulen-Abbildung«) aufzunehmen, anzuzeigen und zu speichern. Diese zusätzlichen Informationen können interessante Erkenntnisse über das Verhalten mariner Organismen liefern; allerdings erzeugen sie eine riesige Datenmenge, die nur mit großem Zeitaufwand bearbeitet und interpretiert werden kann. Dazu wurde ein halbautomatischer Prozess angewendet. Die Echolot-Dateien der Wassersäule wurden in Bilder konvertiert, die dann mit verfügbaren Bildverarbeitungsprogrammen bearbeitet und analysiert werden konnten. Wassersäulendaten, die auf acht Expeditionen im Indischen Ozean aufgezeichnet worden waren, wurden auf diese Weise erfolgreich ausgewertet und die relative Verteilung der Biomasse entlang eines ausgedehnten Nord-Süd-Profiles durch den Indischen Ozean bestimmt. Darüber hinaus konnten aus den Daten die täglichen Wanderungen des Zooplanktons sichtbar gemacht sowie Variationen dieser Bewegungen mit nächtlicher Beleuchtungsstärke korreliert werden.

Author

Dr. Wilhelm Weinrebe was a staff scientist at the GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research in Kiel until his retirement in 2013.

wilhelm@weinrebe-kiel.de

1 Introduction

As a country with a highly developed economy Germany is heavily dependent on the unhampered availability of raw materials. Though currently not at all feasible, mining mineral resources from the seafloor might be possible in the future. Consequently, in order to secure access to mineral resources and to avoid future short supplies, Germany applied for an exploration license on polymetallic sulfides at the International Seabed Authority (ISA) in 2014. The license area covers a region of 10,000 km² in the Indian Ocean southeast of Mauritius close to the Rodriguez Triple Junction and includes parts of the Central as well as the Southeast Indian Ridge. This area had already been studied by German scientists in the 1980s on several cruises with RV *Sonne* and RV *Meteor* and a couple of hy-

drothermal fields had been found. Again in 2011 to 2014, in preparation for the license application at ISA, this region was target of four expeditions of the German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), the government agency in charge of the license application. The license, granted in 2015, implied the obligations to carry out a comprehensive 15 years programme including one research cruise per year into the area. This detailed exclusive resource-oriented exploration programme has to be complemented by extensive and detailed base line studies for the sustainable protection of the marine environment including investigations of biodiversity and habitats.

Including the preparatory expeditions, ten large research cruises had been carried out since 2011 in the framework of the INDEX (»INDian Ocean

EXploration») project yielding a huge amount of data. On all cruises multibeam echo sounders had been used to map the seafloor. Present day multibeam systems are able to image the water column in addition to the bathymetry (WCI = water column imaging). This information can eventually be used for biomass assessment, mapping of water layers, internal waves, or for the detection of gas bubbles ascending from the seafloor (Hughes Clarke 2006; Colbo et al. 2014; Schneider von Deimling and Weinrebe 2014). Consequently, WCI data were acquired during those cruises continuously to supplement sampling work and to gain additional information of the upper 2,000 m of the ocean. Interesting insights into marine life in the Indian Ocean had been revealed from the detailed analysis of the WCI data and are presented here.

2 Data acquisition

Various research vessels had been used for the ten cruises since 2011: the Dutch RV *Pelagia* (2014, 2015, 2018), the former German RV *Sonne* (2011, 2013), the new German TFS *Sonne* (2017, 2019), the German RV *Maria S. Merian* (2016), the French N/O *Pourquoi Pas?* (2016) as well as the commercial MV *Fugro Gauss* (2012). With the exception of the old RV *Sonne* all vessels are equipped with multibeam echo sounder systems capable of recording WCI data, hence on eight of the ten cruises water column data had been acquired. The systems were in operation continuously with only a few short interruptions. In total an amount of 1.3 TB of WCI data had been recorded covering a track length of nearly 40,000 kilometres and spanning a period of 5,500 hours. A track plot of the cruises during which WCI data had been acquired is shown in Fig. 1.

This giant data set yields a wealth of information about marine life in the Indian Ocean, however, there are some serious drawbacks which inhibit a systematic and quantified analysis of the data. Most important, the echo sounder systems differ from vessel to vessel: whereas TFS *Sonne*, RV *Maria S. Merian* and MV *Fugro Gauss* feature a 12-kHz Kongsberg EM122 (yet in varying configurations) and RV *Pelagia* a 30-kHz Kongsberg EM302, the N/O *Pourquoi Pas?* operates a Reson 7150 dual frequency system using 12 kHz or 24 kHz. In addition to the multibeam EM122, the TFS *Sonne* provides a split-beam »fishery« echo sounder Simrad EK60 which was also used for the collection of WCI data. As the weak reflections of biomass or particles in the water column are strongly dependent on frequency, the water column data of the systems differ considerably, thus WCI data from different cruises lack comparability.

Beyond that, WCI data had not been recorded on dedicated surveys but just along the way while other investigations were carried out which predominantly determined speed and course of the

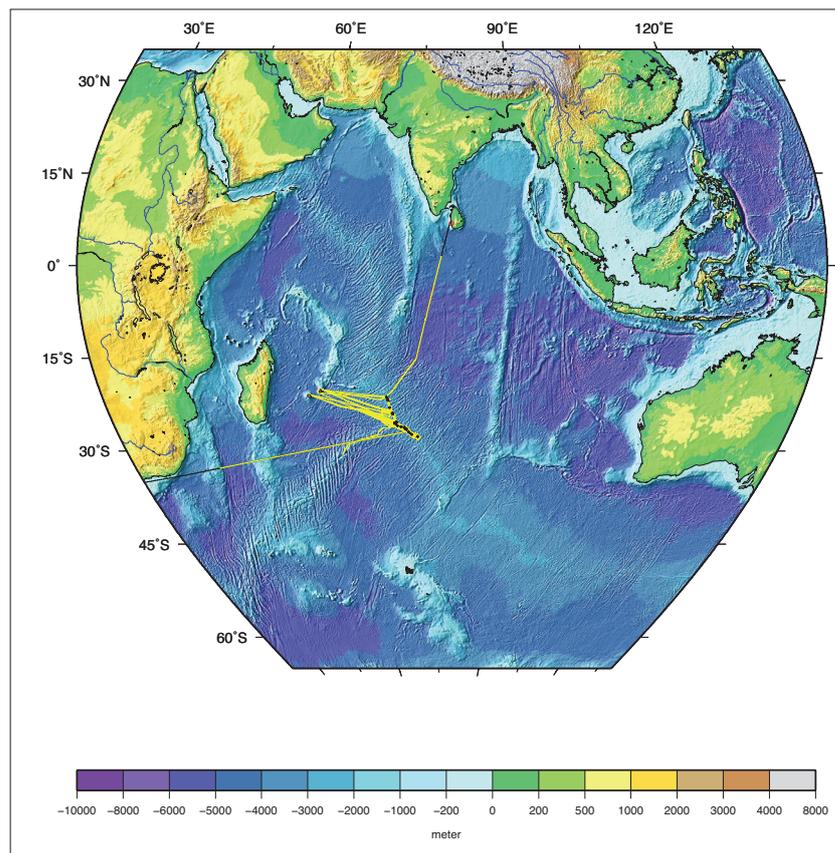


Fig. 1: Map of the Indian Ocean with ship tracks of INDEX cruises during which hydro-acoustic water column data had been acquired, processed and analysed. Small black squares mark the area of the German exploration license. Topographic heights and water depths after GEBCO (2008)

vessel. As a result WCI data were not collected in a systematic pattern. Furthermore, other acoustic devices such as USBL navigation systems or ADCP instruments occasionally interfered with the echo sounder signals and deteriorated the echograms. Above all, deployment, operation or recovery of instruments often required a precise dynamic positioning of the vessel, consequently bow thruster and pump-jet were used excessively. Those operations generated significant noise and aeration by bubble wash down which seriously disrupted the acoustic signals of the echo sounder.

Nevertheless, in spite of those drawbacks, the tremendous amount of WCI data revealed many indications of marine life in the Indian Ocean. Though the data was not suitable for a certified quantitative study of the biomass, it gave important insights into the distribution of biomass and documented an intriguing behaviour of the zooplankton in the survey area.

3 Data processing

WCI data acquisition had been accomplished through the controlling software of the echo sounder. Raw data had been stored in vendor-specific format in files generally holding records of 30 to 60 minutes each, bathymetry and ancillary values such as navigation and motion had been

directed into accompanying files. The first processing steps include the merging of the raw sonar data with navigation and motion information and conversion into a generic water column imaging format. For this purpose the FM-Midwater tool of the QPS-Fledermaus software suite had been used. Subsequent processing steps in FM-Midwater are generally performed in an interactive mode. As this is not really feasible for a collection of more than 10,000 files, a semi-automated approach of analysing the WCI data had been chosen. As basic prerequisite all files must have been recorded with constant gain and acquisition parameter. At first, all sonar files had been loaded into FM-Midwater and displayed with absolutely identical gain, view, colour, and histogram settings. Thereafter the displays had been converted into images in TIFF-format and saved. Such a conversion of the WCI data into an image implies a very effective data reduction procedure. Moreover, as image processing algorithms are readily available, it enables an automated analysis of an entire collection of images. In this study we used the software ImageJ (Schneider et al. 2012), a standard scientific image analysis software widely used in bioinformatics to analyse microscope images.

WCI multibeam data can be displayed in FM-Midwater in different views. For our biomass studies predominantly the »beam« or the »stacked« view had been used, which both resemble the typical echogram display of a single-beam echo sounder. The »beam« view presents the data of one particular beam of the entire file as vertical curtain, here predominantly the »central beam« had been used. In the »stack« view all beam »curtains« of a file are stacked into a single image which provides a quick overview about the overall contents of the file.

4 Estimation of relative biomass abundance

Living organisms in the water, particularly if they have an air-filled swim bladder, mirror the acoustic

waves of an echo sounder and generate reflections and scattering in the echograms. It is assumed that this is a linear relationship: more biomass will lead to more echoes and scattering and thus to darker water column images. Consequently, the »darkness« or optical density of an echogram can be used to estimate the biomass abundance, at least on a relative scale for a set of water column data.

Using the software ImageJ (Schneider et al. 2012), the WCI files in TIFF-format had been converted linearly from colour (R-G-B) into greyscale presentation and the mean optical density of each file had been calculated. Evidently, that file respectively echogram showing the highest density represents the maximum number of reflections. So this value was defined as 100 % relative biomass (Fig. 2, left). Correspondingly, the lowest density represents the least number of reflections and hence was classified as 0 % (Fig. 2, right). Subsequently all echograms had been rated according to this scale resulting in a time series of relative biomass abundance. This data set can be correlated e.g. to ship's position, speed, water temperature or other parameters.

This approach assumes that there are no non-biological processes contributing to the density of the echogram. Yet, particularly noise and aeration in the water significantly account for the scattering of acoustic energy resulting in corrupted echograms which could severely distort the results. In order to avoid erroneous estimations all images dominated by noise had been excluded from further analysis. Generally, this was accomplished by visual inspection. Only on TFS *Sonne* where time-stamped engine parameter were available from a database, echograms were filtered out automatically when they had been recorded while propeller revolution values exceeded a threshold.

In addition to the multibeam EM122, TFS *Sonne* features a split-beam EK60 operating at four different frequencies providing the opportunity to compare systems and data sets. Higher frequency signals yield more detail at the expense of a reduced range, which is okay for biomass studies. So for the cruises with TFS *Sonne* predominantly the EK60 data had been used. Beyond that, additional information could be achieved from data recorded with different frequencies simultaneously. In fishery research, techniques have been developed to identify species of schooling fish by their multi-frequency signature (Korneliusson et al. 2009; 2016). Yet these methods require calibrated echo sounder and dedicated surveys, however, we will try to adapt this in the future.

Certainly, the approach of calculating the relative biomass abundance is a rough estimation. Several factors which might influence the image density are not taken into account. Furthermore, the linearity of the relation between scattering and biomass abundance is not proven. Beyond

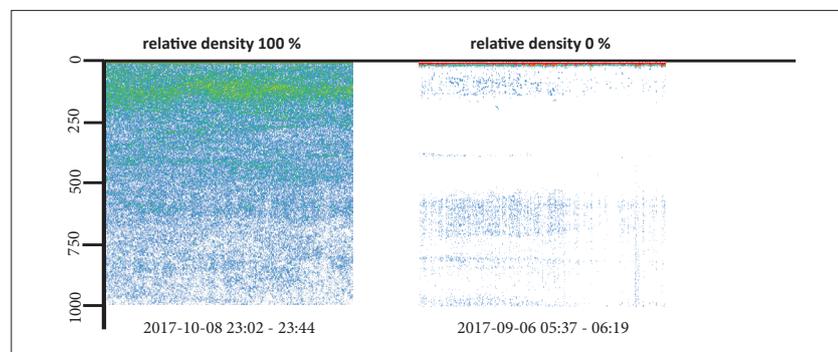


Fig. 2: Left: EK60 18-kHz echogram recorded on October 8, 2017, 23:02 – 23:44 UTC, showing the highest colour density of all recorded 18-kHz files of INDEX2017. This value is defined as 100 % relative biomass abundance for 18-kHz files of the INDEX2017 survey.

Right: EK60 18-kHz echogram recorded on September 6, 2017, 05:37 – 06:19 UTC, showing the lowest density of all recorded 18-kHz files. Accordingly, this value is defined as 0 % relative biomass abundance

that, biomass are living organisms which are not at all sessile but floating around. So interpretations of the data on a scale too fine will just represent momentary and random results. Admittedly, the approach might be a crude simplification, however, it is the most comprehensive estimation so far.

5 Biomass estimation along a North-South profile in the Indian Ocean

Whereas nearly all cruises of the INDEX project started or ended close to the survey area either in Port Louis, Mauritius, or Le Port, La Reunion, the INDEX2017 cruise started in Colombo, Sri Lanka, and ended in Cape Town, South Africa, thus providing water column data along an extended North-South profile through the entire Indian Ocean. The water column images of the EM122 multibeam echo sounder (12 kHz) as well as the echograms of the EK60 (18 kHz and 38 kHz) had been processed and the relative biomass abundance determined. All frequency sets exhibit an analogous trend. In Fig. 3, the results of the 38-kHz EK60 data are displayed along the timeline of the cruise. The values are represented by dots on a scale of 0 % to 100 %. As the data points show a significant scattering, the point cloud has been filtered by a boxcar filter with a length of six hours, the output is shown as red line in Fig. 3.

During the first days of recording quite high values of around 60 % were determined which indicate a pervasive number of reflections and hence a high amount of biomass in the water. From Au-

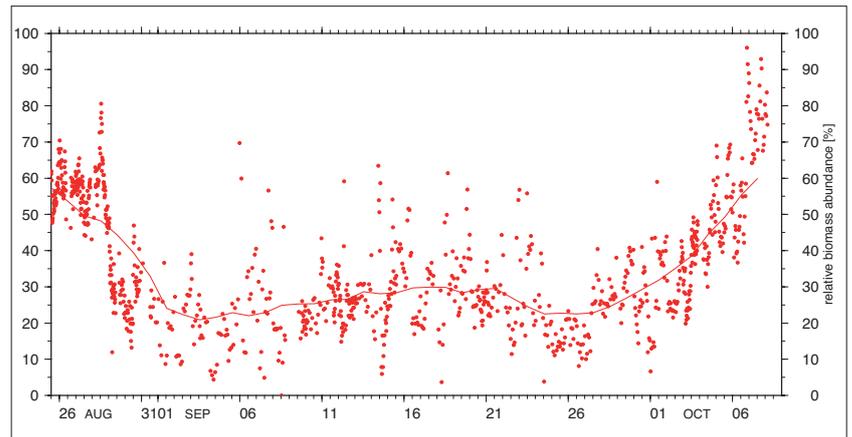


Fig. 3: Percentage of biomass in 38-kHz EK60-echograms for the time period August 25 to October 8, 2017 (INDEX2017). The red line displays the results of filtering the point cloud with a boxcar filter

gust 29 on, while approaching the license area, the values dropped remarkably to 20 % to 30 % which prevailed as long as the vessel stayed in the area. From October 1 on, during the transit to South Africa, the relative biomass abundance increased steadily to values of 60 % and more. This variation of marine life is also nicely visualised in the water column images itself. Fig. 4 (top) presents a selection of echograms (30 to 60 minutes each) recorded at daylight on consecutive days during the transit into the license area. A similar gallery of echograms recorded while leaving the license area until reaching the EEZ of South Africa is displayed in the bottom of Fig. 4. The variation of

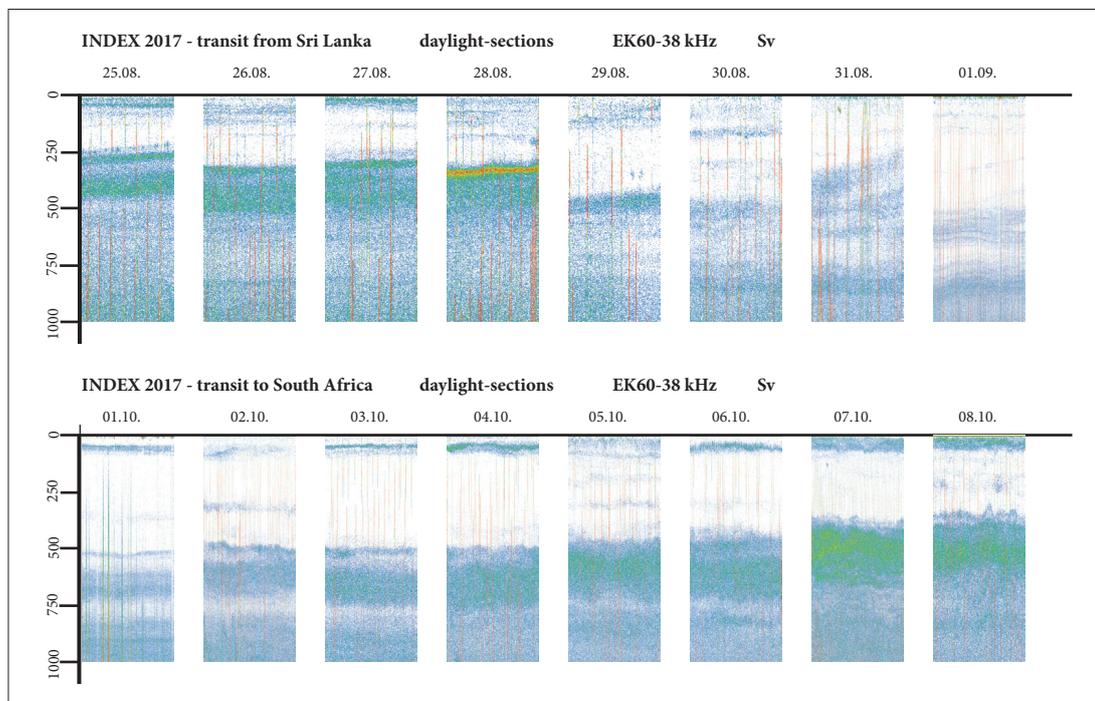


Fig. 4: Top: Gallery of EK60 38-kHz echograms recorded from August 25 to September 1, 2017 during the transit from Colombo into the license area. Each panel displays a section of about one hour recorded during daylight (2 to 4 hours after sunrise).

Bottom: Gallery of EK60 38-kHz echograms recorded from October 1 to October 8, 2017 during the transit from the license area to Cape Town. Each panel displays a section of about one hour recorded during daylight (2 to 4 hours after sunrise)

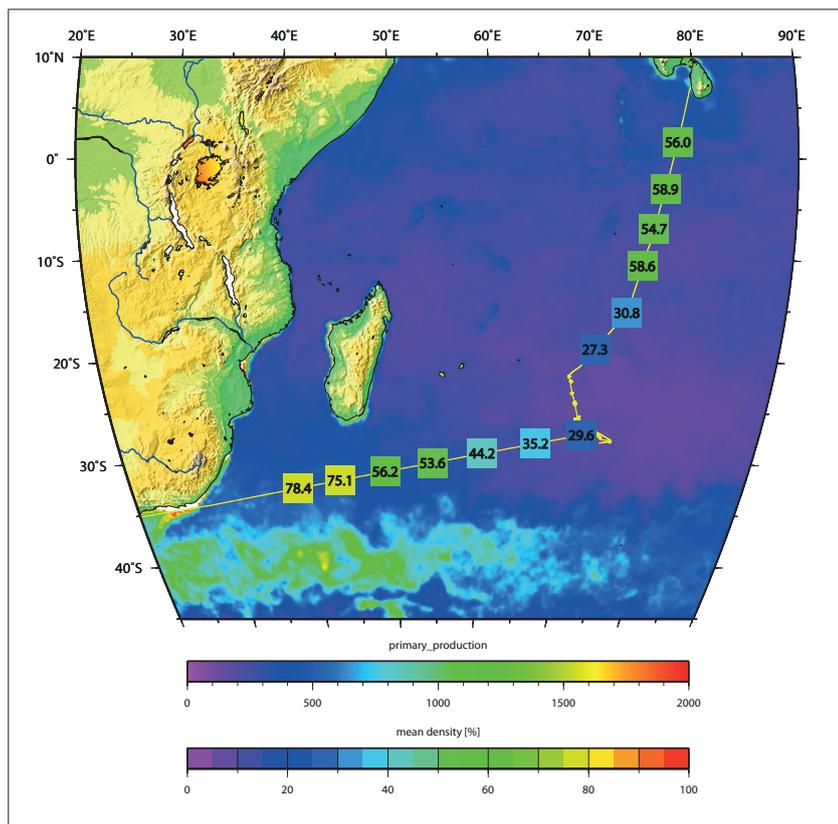


Fig. 5: Relative abundance of biomass (percent) determined from EK60 38-kHz echograms recorded during the transits from Colombo to the license area and from the license area to Cape Town. The values are averaged per day and plotted on top of the primary production for November, 2017 derived from satellite data (<https://science.oregonstate.edu/ocean.productivity>)

stratification and image densities is clearly visible. This is attributed solely to variation of the amount of biomass as changes of the physical parameter of the water column do not exhibit an impedance contrast large enough to generate reflections in the echogram.

Another aspect of the data is presented in Fig. 5. The relative biomass determined for both transits are averaged per day and plotted as overlay on the primary production for November, 2017 as derived from satellite data (<https://science.oregonstate.edu/ocean.productivity>). The results confirm the trend observed in Fig. 3 and Fig. 4: low relative biomass abundances in the middle of the ocean

and significantly increasing marine life towards the continents. While the values on the way to South Africa are steadily increasing, the biomass abundance on the transit from Sri Lanka remain high until passing the latitude of about 15° south when it drops significantly. This correlates nicely with the primary production.

Interestingly, similar results had been reported from the Malaspina 2010 cruise (Irigoien et al. 2014) along an extended East-West profile from Australia to South Africa. Again here, low biomass abundance in the middle of the ocean was complemented by higher values towards the continents.

6 Diurnal migration of zooplankton

In addition to the ocean-wide biomass estimation, a closer look on the WCI data on a smaller scale might uncover interesting insights into marine life. In order to detect diurnal behavioural patterns all water column images had been compiled into echogram sections covering a time span of 13 hours each (day or night). An intriguing phenomenon is documented in Fig. 6 which displays a night section recorded on November 2, 2018. At about 18:00 local time (13:00 UTC) at sunset a synchronised upward movement of biomass was observed in the WCI data. The migration started at several hundred metres depth and continued up to the surface, building an about 150 m thick layer. The layer was very stable and had been observed the whole night until about 04:30 local time (23:30 UTC), the moment of sunrise in the survey area. Then a downward migration was observed and the layer diminished.

This widely observed phenomenon describes the synchronised migration of zooplankton and is known as diurnal or diel vertical migration (Record et al. 2006; Cisewski et al. 2010; Brierley 2014; Bianchi et al. 2015). It may be the largest natural daily movement of biomass on the planet (Brierley 2014). The zooplankton finds nutrition in the near-surface zone where photosynthesis happens. But just here their visually hunting predators lurk looking for prey. Thus, to avoid being eaten the zooplankton waits until darkness before ascending to

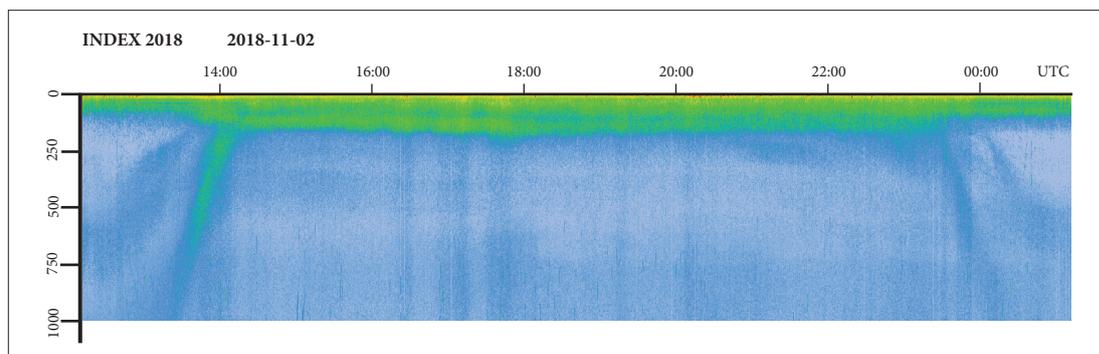


Fig. 6: EM302 stack echogram recorded on November 2, 2018, 12:00 to 00:42 UTC from dusk to dawn. With decreasing daylight zooplankton is migrating upwards agglomerating to a layer close to the surface. With sunrise at about 00:00 UTC the zooplankton is migrating back downwards

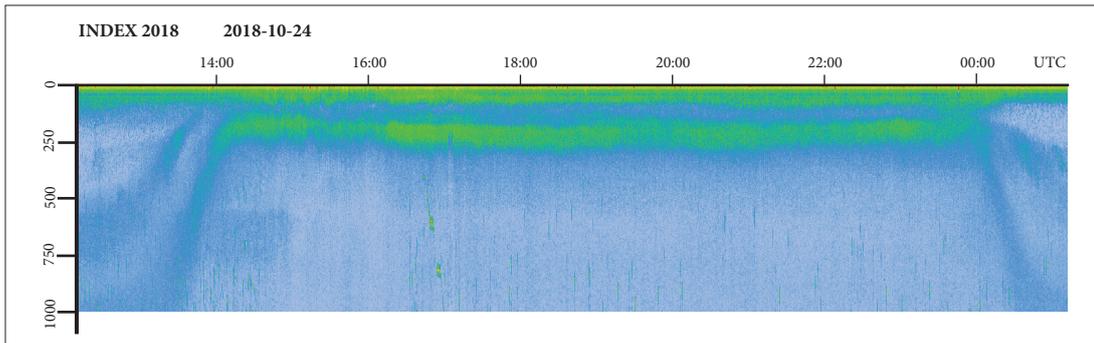


Fig. 7: EM302 stack echogram recorded on October 24, 2018, 12:00 to 00:42 UTC from dusk to dawn during a full-moon night. With decreasing daylight zooplankton is migrating upwards agglomerating to a thin layer close to the surface and a second layer at greater depths. With sunrise at about 00:30 UTC the zooplankton is migrating back downwards

the nutrient-rich surface layers to feed and again descends back to greater depths before dawn.

By checking all water column data it turned out that the nocturnal behaviour of zooplankton was not as uniform as expected. The general pattern of migration had been detected every night, however, strong variations of the near-surface accumulations had been observed. In Fig. 7 a night section of echograms recorded on October 24, 2018 is displayed. The vertical migration is obvious, however, a significant part of the biomass avoided the surface forming a detached second layer at about 200 m depth. In Fig. 8 water column images from the INDEX2018 cruise, always acquired at the same time around midnight local time, are compiled into a gallery. The variations are clearly visible: in certain nights the zooplankton accumulated right at the surface whereas in other nights two distinct layers were observed.

Interestingly, if the illumination by moonlight is

taken into account, it turns out that October 24, 2018 was a full-moon day. The moon actually was visible around midnight (local time) from October 16 to 28 in the license area provided a cloudless sky. From October 29, 2018 until November 5, 2018 (end of the cruise) the moon did not illuminate the license area. Though the cloudiness of the sky is not taken into account, there is a strong indication of a correlation between moonlight and nocturnal zooplankton accumulations. Between October 16 and 28 the zooplankton was forming two layers whereas between October 29 and November 5 only one single layer was recorded. These observations document that the diel vertical migration is obviously controlled by illumination.

7 Summary and conclusions

During the INDEX cruises large volumes of the water of the license area as well as along the transits had been sounded by echo sounder and a huge

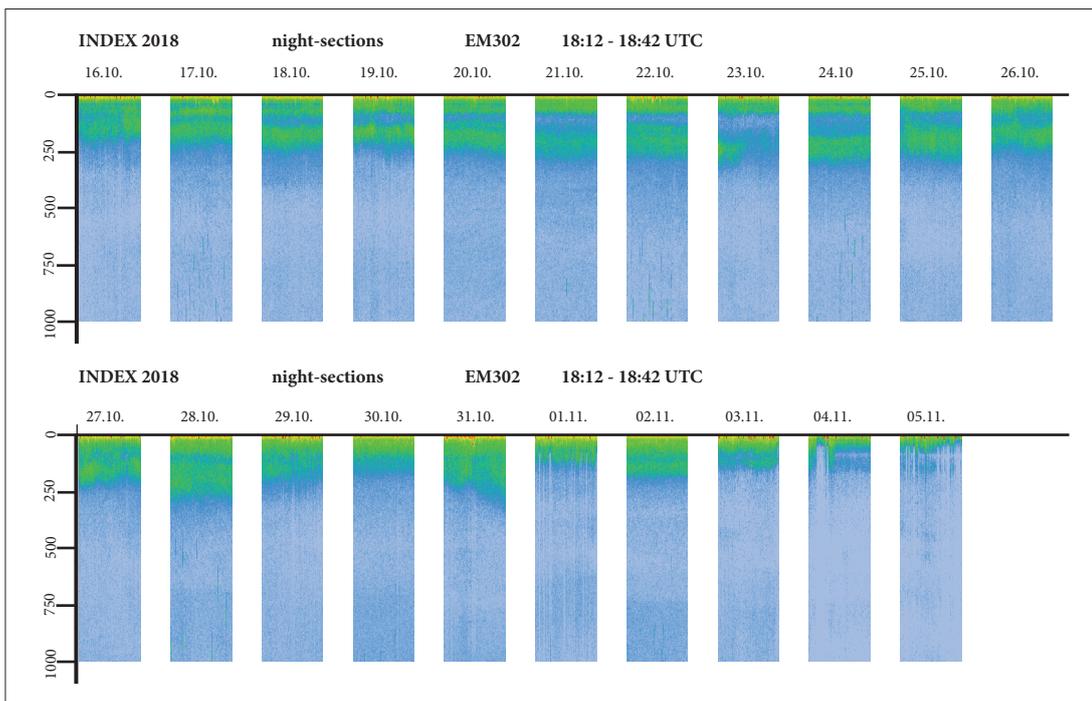


Fig. 8: Compilation of EM302 stack echograms, each recorded always from 18:12 to 18:42 UTC (about local midnight) on consecutive nights from October 16 to November 5, 2018 during the INDEX2018 cruise

amount of hydroacoustic water column data had been recorded. In total, in 5,500 hours more than 10,000 files of water column data covering nearly 40,000 km profile had been acquired.

Water column data can successfully be used for an assessment of biomass. Actually, fishery research and the sustainable management of the seas depend to great extent on hydroacoustic data. Yet, those operations require calibrated echo sounders and dedicated surveys. The INDEX water column surveys did not meet these requirements at all. On INDEX cruises, water column data was recorded along the way by the available, non-calibrated echo sounders. Speed, course and track of the vessel were determined by the station work. Yet, it had been shown successfully that reasonable estimations of relative biomass abundance can be achieved from the hydro-acoustic data.

A semi-automated approach for processing and analysing the WCI data had been developed. Following a pre-processing, WCI files were converted into images. This step implies a very effective data reduction. In addition, it opens up possibilities to apply a multitude of image processing software which are readily available. So based on the evaluation of image densities a determination of relative biomass abundances had been achieved. It provides reasonable values, however, it has to be noted that it's an estimation. Several effects which certainly influence the image density are not taken into account. Yet, the results present the most comprehensive estimation

achieved so far. So the analysis of the INDEX2017 transits along an ocean-wide profile revealed significant higher biomass abundance closer to continents than in the licence area in the middle of the Indian Ocean.

In addition to the biomass estimations, water column data enable interesting insights into marine life. The intriguing diurnal migration of zooplankton had been documented nicely in the echograms. Moreover, the data indicate that the diurnal behaviour seems to be more variable than expected. There are indications that moonlight illumination exert an influence on the nocturnal movements and aggregations of zooplankton.

To conclude, in spite of the limitations inherent to water column imaging investigations, a couple of valuable results have been obtained which justify the effort spent to acquire, process and analyse the data. Furthermore, future research cruises are encouraged to record WCI data routinely as many interesting insights into marine life can be gained from the data along the way without much additional effort. //

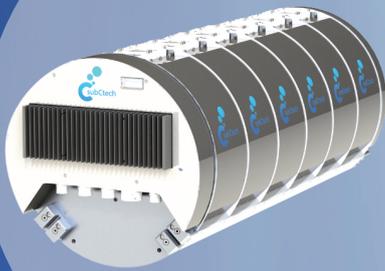
Acknowledgements

The author thanks the German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) for the opportunity to take part in the INDEX project and to join the INDEX cruises as well as for the permission to publish this paper. Thanks are also due to the crews of the research vessels for their great support during data acquisition.

References

- Bianchi, Daniele; K. A. S. Mislan (2015): Global patterns of diel vertical migration times and velocities from acoustic data. *Limnology and Oceanography*, DOI: 10.1002/lno.10219
- Brierley, Andrew S. (2014): Diel vertical migration. *Current Biology*, DOI: 10.1016/j.cub.2014.08.054
- Cisewski, Boris; Volker H. Strass; Monika Rhein; Sören Krägefski (2010): Seasonal variation of diel vertical migration of zooplankton from ADCP backscatter time series data in the Lazarev Sea, Antarctica. *Deep Sea Research I*, DOI: 10.1016/j.dsr.2009.10.005
- Colbo, Keir; Tetjana Ross; Craig Brown; Tom Weber (2014): A review of oceanographic applications of water column data from multibeam echosounders. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, DOI: 10.1016/j.ecss.2014.04.002
- GEBCO Compilation Group (2008): GEBCO global bathymetry one minute grid, release 2008. www.gebco.net
- Hughes Clarke, John E. (2006): Applications of multibeam water column imaging for hydrographic survey. *The Hydrographic Journal*, No. 120, pp. 3–15
- Irigoien, Xabier; Thor Alexander Klevjer; Anders Røstad et al. (2014): Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms4271
- Korneliussen, Rolf J.; Yngve Heggelund; Inge K. Eliassen; Geir O. Johansen (2009): Acoustic species identification of schooling fish. *ICES Journal of Marine Science*, DOI: 10.1093/icesjms/fsp119
- Korneliussen, Rolf J.; Yngve Heggelund; Gavin J. Macaulay et al. (2016): Acoustic identification of marine species using a feature library. *Methods in Oceanography*, DOI: 10.1016/j.mio.2016.09.002
- Record, Nicolas R.; Brad de Young (2006): Patterns of diel vertical migration of zooplankton in acoustic Doppler velocity and backscatter data on the Newfoundland Shelf. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, DOI: 10.1139/FO6-157
- Schneider, Caroline A.; Wayne S. Rasband; Kevin W. Eliceiri (2012): NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, DOI: 10.1038/nmeth.2089
- Schneider von Deimling, Jens; Wilhelm Weinrebe (2014): Beyond Bathymetry: Water Column Imaging with Multibeam Echo Sounder Systems. *Hydrographische Nachrichten*, DOI: 10.23784/HN097-01

Ocean Power - gosubsea 3000[®]



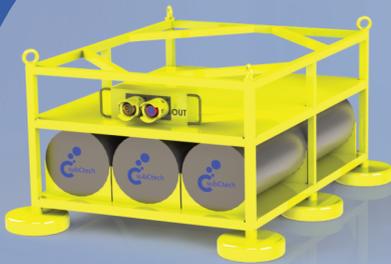
Vehicle



Standard



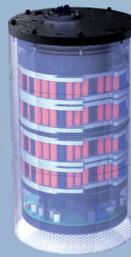
RD & System
Integration



Energy Storage
System



Subsea



Li-Ion PowerPack[™] - Underwater power solutions

Highly reliable, efficient and safe Li-Ion batteries
Made for harsh offshore and subsea conditions
such as offshore oil and gas, scientific and
AUV or ROV equipment

SubCtech GmbH
www.subctech.com
info@subctech.com



Die Herausforderung einer globalen Meeresbodenvermessung und das unterschätzte Potenzial der Datenakquise auf Transitstrecken

Ein Beitrag von ANNE-CATHRIN WÖFL, DANIEL DAMASKE, GAUVAIN WIEMER und COLIN DEVEY

Nur etwa 20 % des Meeresbodens sind bislang mit Fächerecholoten kartiert worden. Größere zusammenhängende Flächen werden selten systematisch und hochauflösend kartiert. Stattdessen gibt es den Ansatz, dass Forschungsschiffe Bathymetriedaten auf Transitstrecken aufnehmen. Im Pilotprojekt »Unterwegs«-Forschungsdaten der DAM – Deutsche Allianz Meeresforschung tragen deutsche Forschungsschiffe dazu bei, weitere Teilstücke des Meeresbodens zu kartieren, um Datenlücken zu schließen. Die Bathymetriedaten werden im Datenarchiv PANGAEA veröffentlicht und von dort in das Portal Deutsche Meeresforschung integriert.

Deutsche Allianz Meeresforschung | AtlantOS | Transitbathymetrie | GEBCO | Bathymetriedaten | PANGAEA
German Marine Research Alliance | AtlantOS | transit bathymetry | GEBCO | bathymetric data | PANGAEA

Only about 20 % of the seabed has been mapped with multibeam echo sounders so far. Larger contiguous areas are rarely mapped systematically and at high resolution. Instead, the approach is for research vessels to record bathymetric data on transit routes. In the pilot project Underway Research Data from the German Marine Research Alliance, German research vessels are helping to map further sections of the seabed to close data gaps. The bathymetric data are made available in the data archive PANGAEA and integrated into the German Marine Research Portal.

Autoren

Dr. Anne-Cathrin Wöfl ist Wissenschaftlerin am GEOMAR in Kiel und koordiniert die AG Bathymetrie im Pilotprojekt »Unterwegs«-Forschungsdaten der DAM. Daniel Damaske ist Mitarbeiter bei PANGAEA/MARUM in Bremen und koordiniert die AG Bathymetrie im Pilotprojekt »Unterwegs«-Forschungsdaten der DAM. Dr. Gauvain Wiemer leitet den Kernbereich Datenmanagement und Digitalisierung der DAM. Prof. Dr. Colin Devey ist Professor für die »Dynamik des Ozeanbodens« und leitet den Forschungsbereich 4 am GEOMAR in Kiel.

awoelfl@geomar.de

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Weltraumforschung, wie die Entdeckung von subglazialen Seen auf dem Mars, ziehen unsere Aufmerksamkeit an, die sich nicht vergleichen lässt mit dem Interesse, das der Meeresforschung entgegengebracht wird. Dabei gibt es auch auf unserem Planeten noch sehr viel zu entdecken, denn unsere Ozeane und insbesondere die Tiefsee sind noch weitgehend unerforscht. Zwar haben wir beispielsweise durch Satellitenmessungen einen globalen Überblick über die grobe Struktur des Meeresbodens bekommen. Allerdings handelt es sich hierbei um Höhenmessungen der Meeresoberfläche, woraus Meeresbodentiefen abgeleitet und Meeresbodenkarten erstellt werden können, die aber eine relativ geringe horizontale Auflösung zwischen 6 und 9 km in der Tiefsee erreichen (Sandwell et al. 2006). Bis heute sind weniger als 20 % des Meeresbodens hochauflösend mit schiffsbasierten Fächerecholoten kartiert worden (GEBCO 2020). Somit bleibt die Welt unter den Meeren für uns immer noch größtenteils verborgen. Die Konsequenz, die sich daraus ergibt, ist ein lückenhaftes Wissen über die Topographie unserer Meeresböden sowie ein unvollständiges

Verständnis über die dort vorkommenden Prozesse. Zusammengeführt werden Bathymetriedaten bei GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans), einer Non-Profit-Organisation, aufgebaut aus führenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und Forschungsorganisationen auf dem Gebiet der Bathymetrie, die sich zum Ziel gesetzt hat, globale bathymetrische Karten der Ozeane bereitzustellen. Die Initiierung der ersten Kartenserie erfolgte durch Prinz Albert I. von Monaco im Jahr 1903. Nach fünf gedruckten Ausgaben der Kartenserie folgte 1994 der *GEBCO Digital Atlas* (unter anderem mit einer digitalen Version der bathymetrischen Konturlinien) und 2003 der erste digitale GEBCO-Rasterdatensatz. Das aktuelle GEBCO_2020-Raster, welches im April dieses Jahres veröffentlicht wurde, basiert maßgeblich auf Fernerkundungsdaten der Erdoberfläche (SRTM15+, Version 2) (Tozer et al. 2019) und wird ergänzt durch hochauflösende bathymetrische Daten von schiffsbasierten Systemen. Dieses Raster hat eine Auflösung von ungefähr 500 m auf Höhe des Äquators, was gering ist im Vergleich zu den Karten der Landoberfläche der Erde, die Auflösungen von 30 m und besser erreichen. Seit An-

fang des 20. Jahrhunderts hat sich viel verbessert in Bezug auf Auflösung und Datenmenge, insbesondere in den letzten Jahren. So hatte das erste GEBCO-Raster eine Auflösung von ungefähr 2 km, und die Fläche der kartierten Meeresböden hat sich seit 2017 mehr als verdreifacht. Einen großen Anteil daran hat sicherlich das »Nippon Foundation–GEBCO Seabed 2030«-Projekt, welches sich zur Aufgabe gemacht hat, alle weltweit verfügbaren bathymetrischen Daten zusammenzuführen, um eine verbindliche und öffentlich zugängliche Karte des Meeresbodens bis 2030 zu erstellen. Beteiligt daran sind unter anderem auch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel sowie des Alfred-Wegener-Instituts – Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung. Das Projekt wurde im Juni 2017 auf der Weltozeankonferenz der Vereinten Nationen ins Leben gerufen und ist auf Ziel 14 – Leben unter Wasser – der globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung ausgerichtet. Erreicht werden soll, unter anderem, der Schutz der Meeres- und Küstenökosysteme sowie eine nachhaltige Nutzung ihrer Rohstoffe, um die Gesundheit und Produktivität dieser Ökosysteme zu erhalten und zu fördern. Ein entscheidender Schritt, um dieses Ziel zu erreichen, ist neben der Vertiefung wissenschaftlicher Erkenntnisse auch die systematische Schließung von Wissenslücken. Dazu zählen auch hochaufgelöste Karten des Meeresbodens, die nicht nur zu einem besseren Verständnis des größten zusammenhängenden Ökosystems der Erde führen, sie sind auch unverzichtbar bei der Untersuchung von Strömungsmustern und Ozeanzirkulation, der Ausweisung mariner Schutzgebiete oder der Bewertung von Ressourcenpotenzialen.

Für eine vollständige Kartierung der Tiefsee müssten aktuell noch mehr als 200 Mio. km² Meeresboden kartiert werden, wofür ein einzelnes Schiff annähernd 200 Jahre benötigen würde (Mayer et al. 2018). Jedoch sind reine, großflächige Kartierungskampagnen eher selten. Größere zusammenhängende Gebiete werden häufig nur für einen spezifischen Zweck hochauflösend kartiert, zum Beispiel für die Beantwortung einer wissenschaftlichen Fragestellung oder im Fall einer Katastrophe. Ein tragisches Beispiel dafür ist das Verschwinden der Maschine des Malaysia Airlines-Fluges MH370, deren ausgiebige Suche den Mangel an hochauflösender Bathymetrie in den Weltmeeren mehr als deutlich gemacht hat. So waren die vorhandenen Daten im vermuteten Absturzgebiet nicht ausreichend, um eine detaillierte Suche mit Unterwasserfahrzeugen durchführen zu können. Infolgedessen wurden annähernd 279 000 km² Meeresboden in der Tiefsee des Indischen Ozeans hochauflösend kartiert. Eine Meeresbodenvermessung in dieser Größenordnung und die unmittelbare Freigabe dieser Daten ist die große Aus-

nahme. Allerdings können Bathymetriedaten auf dem Weg zu oder aus Forschungsgebieten, also auf sogenannten Transitstrecken, erhoben werden, um die noch verbliebenen Datenlücken zu schließen. In den USA geschieht ähnliches bereits seit 2009 im Rahmen des »Rolling Deck to Repository«-Programms (R2R), bei dem Forschungsdaten der US-amerikanischen Forschungsflotte in öffentlich zugänglichen Datenzentren kuratiert und archiviert werden. 2015 entstand am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel die Idee für ein Projekt, in dem deutsche Forschungsschiffe Bathymetriedaten auf Transitstrecken aufnehmen sollten. Diese Idee entwickelte sich zum »AtlantOS Transitbathymetrie«-Projekt, an dem sich die drei deutschen Forschungsschiffe *Maria S. Merian*, *Meteor* und *Sonne* beteiligten (Wöfl et al. 2019). Mit Ende des AtlantOS-Projektes im Jahr 2019 wurde die Transitbathymetrie in das Pilotprojekt »Unterwegs«-Forschungsdaten der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) integriert und fortgeführt, um weiterhin einen Beitrag zur vollständigen Kartierung des Meeresbodens zu leisten.

AtlantOS Transitbathymetrie – Jede Meile zählt

Die meisten Forschungsschiffe operieren auf hoher See und legen deshalb häufig weite Transitstrecken zurück. Etwa 15 % der Strecken, die deutsche Forschungsschiffe zurücklegen, bestehen aus Transiten. Da diese häufig durch internationale Gewässer führen, ist die Aufnahme von Bathymetriedaten uneingeschränkt möglich. Daher haben die Deutsche Forschungsgemeinschaft, das BMBF und die Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe im Jahr 2015 beschlossen, dass deutsche Forschungsschiffe nun fortwährend und systematisch Bathymetriedaten auf Transitstrecken durch internationale Gewässer aufzeichnen. Daraus entstand das Transitbathymetrie-Projekt, welches das GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel innerhalb des EU-Forschungs- und Innovationsprojektes »Horizont 2020 AtlantOS« ins Leben gerufen hat. Seitdem werden Bathymetriedaten auf Transitstrecken aufgenommen und am GEOMAR bearbeitet. Anschließend werden die Daten in das Datenarchiv PANGAEA – Data Publisher for Earth & Environmental Science überführt mit dem Ziel, neben der eigentlichen Kartierung des Meeresbodens die Auffindbarkeit von Bathymetriedaten zu verbessern und einen uneingeschränkten Zugang zu Bathymetriedaten zu ermöglichen.

Fortführung der Transitbathymetrie bei der Deutschen Allianz Meeresforschung

Seit 2019 ist das Transitbathymetrie-Projekt Teil des Pilotprojektes »Unterwegs«-Forschungsdaten der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM). Die DAM wurde im Juli 2019 gegründet, initiiert

vom Bund und den fünf norddeutschen Bundesländern (Freie Hansestadt Bremen, Freie und Hansestadt Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein), um den Herausforderungen in der Erforschung der Meere und Ozeane zu begegnen und die wissenschaftlichen und technischen Kapazitäten der deutschen Meeresforschung in einem international herausragenden Verbund von Expertisen und Institutionen zu bündeln. Die Allianz begegnet den großen Zukunftsfragen der Meeresforschung auf höchstem Niveau und verstärkt den wissenschaftlichen Beitrag zu Handlungswissen für Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft. Die DAM setzt dabei Aktivitäten in vier Kernbereichen – Forschung, Infrastruktur, Transfer sowie Datenmanagement und Digitalisierung – um.

Das Pilotprojekt »Unterwegs«-Forschungsdaten hat innerhalb des Kernbereiches Datenmanagement und Digitalisierung im September 2019 mit der Umsetzung begonnen, das als Pendant zum US-amerikanischen R2R-Programm betrachtet werden kann. Dabei geht es um die systematische Erfassung, Datenübermittlung, Qualitätssicherung und Veröffentlichung von »Unterwegs«-Forschungsdaten nach den FAIR-Prinzipien. Als »Unterwegs«-Forschungsdaten werden jene Daten bezeichnet, die von bord-eigenen, meereswissenschaftlich relevanten Sensoren gemessen werden und nicht Teil des wissenschaftlichen Programms sind. Gemäß der FAIR-Prinzipien sollen Daten »findable« (auffindbar), »accessible« (zugänglich), »interoperable« (interoperabel) und »re-usable« (wiederverwendbar) sein. Diese Grundsätze wurden von Vertretern aus Wissenschaft, Industrie, Förderinstitutionen

und Verlagen mit dem Ziel zusammengestellt, die Wiederverwendung wissenschaftlicher Daten zu unterstützen und zu fördern (Wilkinson et al. 2016). Durch die Anwendung von FAIR-Prinzipien wird das Potenzial für den Mehrwert erhöht, den Daten erbringen können. Der Fokus während der Pilotphase liegt auf den Forschungsschiffen *Maria S. Merian*, *Meteor*, *Polarstern* und *Sonne*. Zu den Geräten und Sensoren, die in der Pilotphase prioritätär behandelt werden, gehören das CTD-System (von engl. conductivity, temperature, depth: Leitfähigkeit, Temperatur, Tiefe), das Fächerechlot (inklusive Schallgeschwindigkeitsmessungen), der akustische Strömungsmesser (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP), der Thermosalinograph (TSG), die Ferrybox und bio-optische Sensoren. Bathymetriedaten und CTD-Daten werden grundsätzlich berücksichtigt, auch wenn sie nicht strikt der Definition von »Unterwegs«-Forschungsdaten folgen. Parallel wurde mit dem Aufbau des »Portals Deutsche Meeresforschung« begonnen (Abb. 1), um den Zugriff auf und die Visualisierung von marinen Forschungsdaten zu vereinfachen.

Für die »Unterwegs«-Bathymetrie nehmen die Forschungsschiffe Daten in internationalen Gewässern und in Ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ) auf, sofern eine diplomatische Genehmigung dafür erteilt worden ist. Zusammen mit dem Fahrleiter bzw. der Fahrleiterin, der Leitstelle und der Reederei werden die Fahrtrouten so geplant, dass die freien Zeiten optimal für die Meeresbodenkartierungen genutzt werden können. Die geplanten Routen werden nach Möglichkeit weitestgehend durch unkartiertes Gebiet gelegt, um die Datenlücken effizient zu schließen. Nach Abschluss

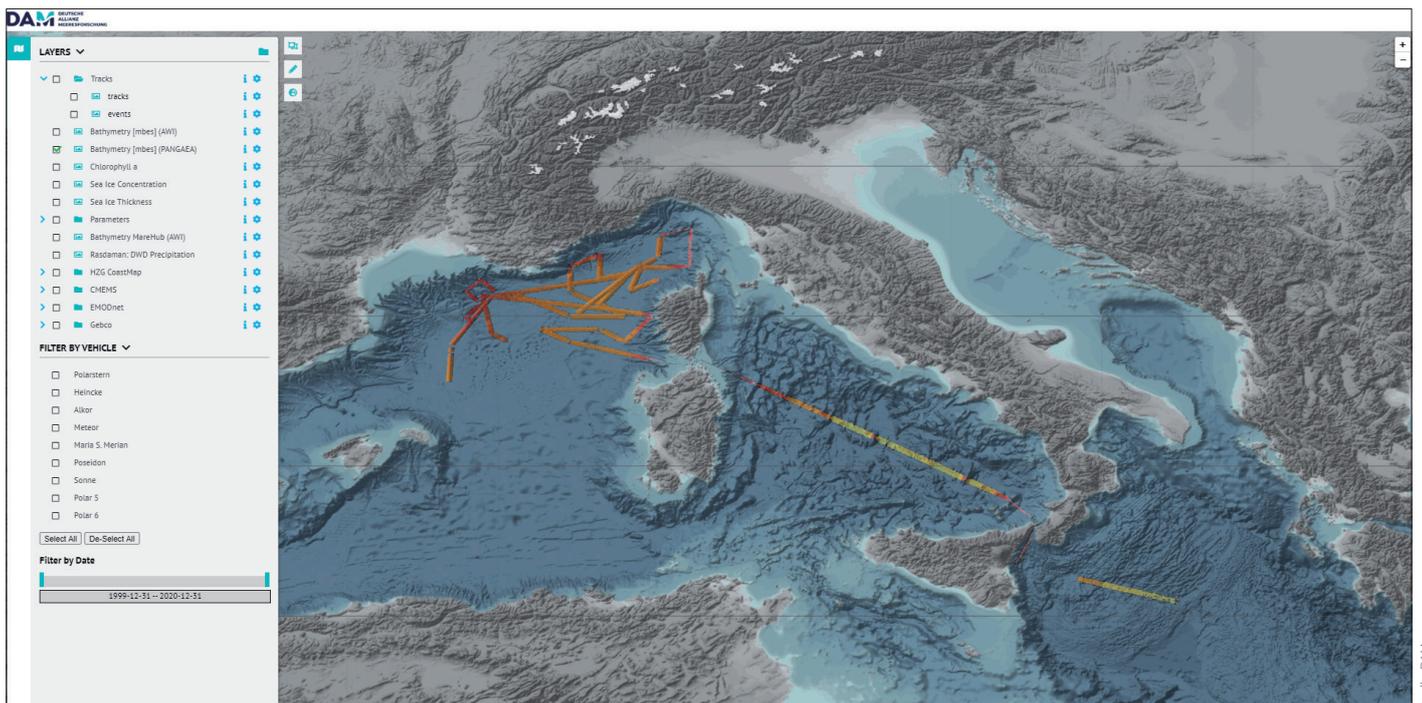


Abb. 1: Prototyp des Portals Deutsche Meeresforschung der DAM

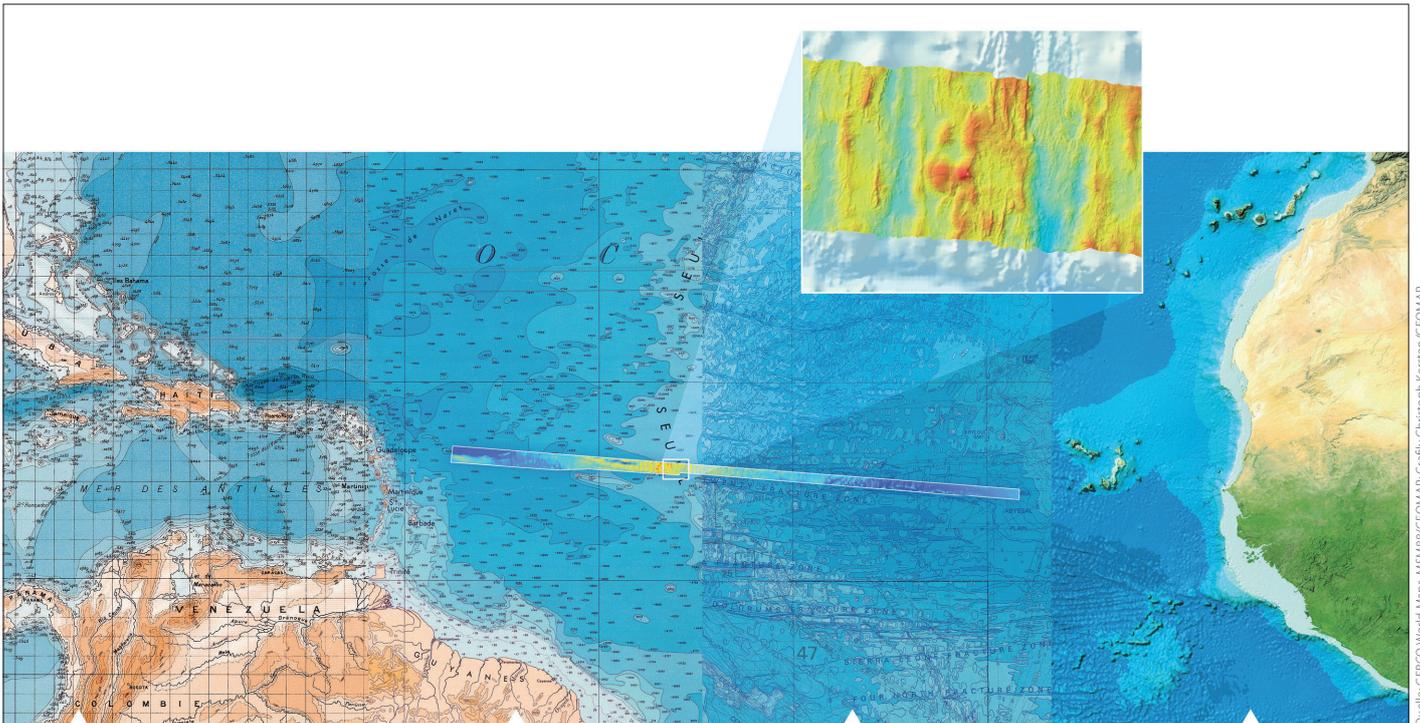


Abb. 2: Die Entwicklung der GEBCO-Karten mit der zweiten Auflage von 1910 bis 1930, der vierten Auflage von 1958 bis 1973, der fünften Auflage von 1973 bis 1982 und dem GEBCO-2019-Raster (von links nach rechts). Der Streifen in der Mitte ist das Resultat der Kartierungskampagnen MSM88/1 und MSM88/2

Quelle: GEBCO World Maps, MSM88/GEOMAR; Grafik: Christoph Kersten/GEOMAR

einer Expedition werden die Bathymetriedaten von der Reederei an die DAM übermittelt, wo die Daten qualitätsgeprüft, prozessiert, Datenprodukte erstellt und publiziert werden. Daten, die Teil des wissenschaftlichen Programms sind, bleiben unberührt. Die Rohdatensätze werden unter Angabe des Fahrtleiters bzw. der Fahrtleiterin als Erstautor unmittelbar nach Erhalt der Daten bei PANGAEA veröffentlicht.

PANGAEA ist ein weltweit führendes Datenarchiv für Erd- und Umweltwissenschaften, welches gemeinsam durch das MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen – und das Alfred-Wegener-Institut – Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung – betrieben wird. PANGAEA archiviert bereits heute Hunderte bathymetrische Datensätze aus Forschung und Wissenschaft. Hier kuratierte und archivierte Daten erhalten einen digitalen Objektbezeichner (Digital Object Identifier, DOI). Dies ist ein sogenannter »persistent identifier« oder, vereinfacht ausgedrückt, eine eindeutige und dauerhafte Kennnummer eines Datensatzes, mittels der die Daten nachhaltig und webbasiert zugänglich gemacht werden. Für die Wissenschaft werden digitale Daten somit wie ein Buch oder ein wissenschaftlicher Artikel nutzbarer, da diese zitierbaren Daten auch mit umfassenden Metadaten angereichert sind. Die Daten der Transitbathymetrie werden in PANGAEA unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0 publiziert. Das bedeutet im Kern, dass die Daten unter Angabe der Zitation (inklusive DOI) uneingeschränkt genutzt und weiterverbreitet werden dürfen. Neben Forschungszwecken ist die

weitere Datenverarbeitung auch für kommerzielle Zwecke erlaubt.

Um die Publikation von bathymetrischen Rohdaten sowie der prozessierten Daten unter Einhaltung der FAIR-Prinzipien gewährleisten zu können, werden derzeit für PANGAEA neue methodische Standards der Datenkuration und Datenarchivierung entwickelt. Hierzu zählen unter anderem auch das halbautomatisierte, standardisierte Auslesen von Metainformationen aus den Rohdaten mit dem Open-Source-Softwarepaket MB-System (Caress et al. 2017) und deren Archivierung in PANGAEA. Mit MB-System lassen sich derzeit die meisten der auf den deutschen Forschungsschiffen erzeugten Bathymetriedatenformate einlesen und bearbeiten. Gleichzeitig werden die für PANGAEA bereitgestellten Daten als Basis mit MB-System vorprozessiert, sodass diese in einem kontinuierlichen Datenfluss in das Portal Deutsche Meeresforschung überführt werden können. Abhängig von den Lizenzrechten der Daten werden Fahrtlinien, Abdeckungs-Polygone sowie Rasterdaten (im GeoTIFF-Format) aus den Rohdaten erstellt. Über das Portal Deutsche Meeresforschung sollen webbasierte Schnittstellen (OpenGIS Web Map Services) bereitgestellt werden, welche eine Einbindung dieser mit PANGAEA verlinkten Daten in andere Datenportale ermöglichen. Somit können, neben anderen bathymetrischen Daten, auch die Daten der Transitbathymetrie leicht in das IHO Data Centre for Digital Bathymetry (DCDB) eingebunden werden. Das 1990 gegründete DCDB verwaltet die weltweite Sammlung bathymetrischer

Daten und wird von NOAA's National Centers for Environmental Information (NCEI) in Boulder, Colorado, betrieben. Derzeit sind annähernd 60 Terabyte bathymetrische Datensätze beim DCDB erfasst und für Forschende aus aller Welt frei zugänglich. Das DCDB dient auch als Langzeitarchiv für das »Nippon Foundation–GEBCO Seabed 2030«-Projekt.

Pro Jahr erfassen die drei Schiffe innerhalb des Transitbathymetrie-Projektes etwa 200 000 km² Meeresboden. Das entspricht weniger als 0,1 % der noch zu kartierenden Fläche in der Tiefsee, liefert jedoch eine Menge neuer Erkenntnisse über die Struktur und Beschaffenheit des Meeresbodens. Zusätzlich zu den Transitdaten kommen groß angelegte Kartierungskampagnen, wie die der *Maria S. Merian*-Expeditionen MSM88/1 und MSM88/2 im zentralen Atlantik, die um die Jahreswende 2019/2020 stattgefunden haben (Abb. 2) (Devey et al. 2020). Ziel dieser Kampagnen war es, einen bisher relativ unerforschten Teil des zentralen Atlantiks zu kartieren und die Daten uneingeschränkt zur Verfügung zu stellen. Insgesamt wurde eine

zusammenhängende Fläche von 240 000 km² kartiert, was ungefähr zwei Dritteln der Größe der Bundesrepublik Deutschland entspricht.

Ausblick

Seit Projektbeginn wird das Sammeln von Transitdaten auf den Forschungsschiffen aktiv von den Kapitänen, der Schiffsbesatzung, der Leitstelle und in der Regel auch von den leitenden Wissenschaftlern unterstützt. Maßgeblich für diese Unterstützung war und ist die Selbstverpflichtung, die Daten anschließend für alle Menschen, weltweit frei zugänglich zu machen. Durch die Einbindung des Projektes in das Programm der DAM ist der Grundstein für eine langfristige und nachhaltige Fortführung der Aktivitäten gelegt. Die deutsche Meeresforschung leistet damit einen erheblichen Beitrag zu Seabed 2030 und dem Ziel eine verbindliche und öffentlich zugängliche Karte des Meeresbodens bis 2030 zu erstellen, sowie zur Erfüllung des 14. globalen Zieles für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen. //

Literatur

- Caress, David W.; Dale N. Chayes; Christian dos Santos Ferreira (2017): MB-System Seafloor Mapping Software – Processing and Display of Swath Sonar Data. <http://www.mbari.org/products/research-software/mb-system>
- Devey, Colin W.; Anne-Cathrin Wölfl; Nico Augustin et al. (2020): Bathymetric Mapping Of The Seafloor - A German Contribution To Completing The Map By 2030, Cruise No. MSM88/1 + MSM88/2. Gutachterpanel Forschungsschiffe, DOI: 10.2312/cr_msm88
- GEBCO (2020): Nearly a fifth of world's ocean floor now mapped. Press Release, 21.06.2020, https://www.gebco.net/news_and_media/gebco_2020_release.html
- Mayer, Larry A.; Martin Jakobsson; Graham Allen et al. (2018): The Nippon Foundation–GEBCO Seabed 2030 Project: The quest to see the world's oceans completely mapped by 2030. *Geosciences (Switzerland)*, DOI: 10.3390/geosciences8020063
- Sandwell, David T.; Walter H. F. Smith; Sarah Gille et al. (2006): Bathymetry from space: Rationale and requirements for a new, high-resolution altimetric mission. *Comptes Rendus Geoscience*, DOI: 10.1016/j.crte.2006.05.014
- Tozer, Brook; David T. Sandwell; Walter H. F. Smith et al. (2019): Global bathymetry and topography at 15 arc sec: SRTM15+. *Earth and Space Science*, DOI: 10.1029/2019EA00065
- Wilkinson, Mark D.; Michel Dumontier; IJsbrand Jan Aalbersberg et al. (2016): The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, DOI: 10.1038/sdata.2016.18
- Wölfl, Anne-Cathrin; Helen Snaith; Sam Amirebrahimi et al. (2019): Seafloor Mapping – The challenge of a truly global ocean bathymetry. *Frontiers in Marine Science*, DOI: 10.3389/fmars.2019.00283

Leistungs- und flexibilitätssteigerung durch enge INS/DVL-kopplung

Eine präzise Ortung der Unterwasserfahrzeuge ist für den Erfolg von Unterwassereinsätzen entscheidend. Bei der Entwicklung seiner Trägheitsnavigationssysteme (INS) ist daher die kontinuierliche Leistungsverbesserung der Systeme ein Kernanliegen für iXblue. Für noch mehr Effizienz der Einsätze der in der Unterwasserwelt agierenden Unternehmen und zur Verbesserung der Ortungsleistung seines Trägheitsnavigationssystems ist iXblue eine Partnerschaft mit den Herstellern von Doppler-Geschwindigkeitsmessern (DVL), Nortek und Teledyne RD Instruments, eingegangen. Daraus resultiert die neue eng gekoppelte INS/DVL-Lösung.

Autoren

James Titcomb
Offshore Technical Manager

Durch Kombination der bewährten FOG-Technologie von iXblue – welche die Navigation im vergangenen Jahrzehnt revolutionierte – mit den neuesten DVL-Entwicklungen von Nortek und Teledyne RD Instruments vereint dieses neue System die aktuell marktbesten Navigationstechnologien in einer skalierbaren Plug&Play-Lösung, deren Leistungen und Eigenschaften sich optimal an den Bedarf des Nutzers anpassen lassen.

	Rovins Nano	Rovins	Phins Subsea	Mindestverbesserungsfaktor bei Einsatz der Postprocessing-Software Delph INS
DVL-gestützte optimale Leistung unter typischen Einsatzbedingungen (%TD)	0.04	0.02	0.01	x2.5
DVL-gestützte lineare Leistung (%TD)	0.2	0.1	0.05	

Modularität und Benutzerfreundlichkeit

Modularität und Flexibilität sind Kernaspekte dieses neuen eng gekoppelten INS/DVL-Systems, bei dem der Nutzer INS und DVL hinsichtlich Präzision, Volumen, Gewicht und Einsatztiefe bedarfsgerecht kombinieren kann – ohne dabei Abstriche bei der Bedienungsfreundlichkeit machen zu müssen. Zudem ist eine variable Integration im Fahrzeug möglich, da sich INS und DVL separat, an verschiedenen Stellen und in beliebiger Ausrichtung, einbauen lassen, ohne dass hierdurch ein Leistungsverlust entstehen würde.

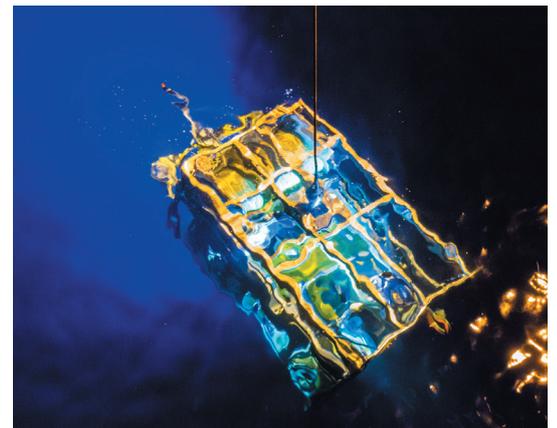
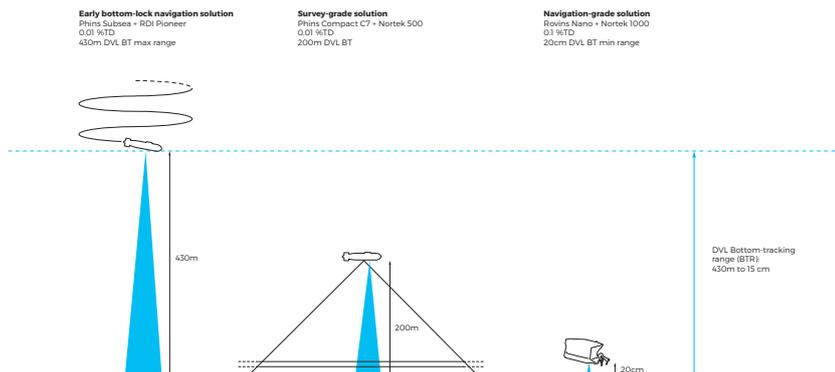
Bei dem System wurde außerdem die Ausfallgefahr durch einen defekten DVL weiter reduziert, da sich der DVL direkt vor Ort auswechseln lässt, ohne dass zusätzliche Extrazeit für die DVL-Kalibrierung vor dem erneuten Starten des Systems erforderlich ist. Aufgrund der Protokollierungsfunktion des INS kann die Kalibrierung als Hintergrundprozess direkt über die Postprocessing-Software Delph INS von iXblue oder durch den iXblue-Support, der rund um die Uhr (24/7) verfügbar ist, erfolgen.

Die INS/DVL-Kalibrierungsroutinen von Delph INS ermöglichen nicht nur das Auswechseln einer defekten Komponente während des Betriebs, sondern lassen ebenfalls Routinetests und Nachjustierungen der INS/DVL-Einstellungen zu, sollten die Einsatzbedingungen sich ändern. Es ist jetzt sogar möglich, den Betrieb mit einem unkalibrierten System zu starten; hierbei werden, zur Ableitung der Kalibrierungsparameter, die Daten vom vorherigen Tauchgang herangezogen.

Verbesserte INS-Ortungsleistung

Einsatztests, die von iXblue, Nortek und Teledyne RD Instruments zur Bewertung der Systemleistungen unter Wasser durchgeführt wurden, sowie die Wiederholbarkeit der Ergebnisse bestätigen die herausragende Ortungsleistung des Systems. iXblue konnte folglich die Leistungsdaten seines INS weiter verbessern (siehe Tabelle unten).

OPTIMUM INS/DVL SOLUTION FOR ALL SUBSEA APPLICATIONS UP TO 6.000 M



The European harmonised bathymetry grid EMODnet Bathymetry

Introduction, outlook and contribution from German partners

An article by THIERRY SCHMITT, DICKSCHAAP, GEORGE SPOELSTRA, PATRICIA SLABON, PAUL WINTERSTELLER and KNUTHARTMANN

The EMODnet Bathymetry portal provides open and free access to the bathymetry of the European seas. This article presents the current status of the EMODnet Bathymetry project, its impact on the marine stakeholders, with examples from the German community, and provides an outlook to future developments.

EMODnet | HR-DTM | metadata | WMS
EMODnet | hochauflösendes DGM | Metadaten | Web-Map-Service

Das EMODnet-Bathymetrie-Portal bietet einen offenen und freien Zugang zur Bathymetrie der europäischen Meere. Dieser Artikel stellt den aktuellen Stand des EMODnet Bathymetrie-Projekts und seine Auswirkungen auf die marinen Akteure mit Beispielen aus der deutschen Community vor und gibt einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

Authors

Thierry Schmitt, PhD, is Expert in DEM products at SHOM in Brest, France.

Dick Schaap is Managing Director of MARIS in Nootdorp, The Netherlands.

George Spoelstra is Managing Director of GGSgc in Breda, The Netherlands.

Dr. Patricia Slabon is Scientist at the German Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) in Hamburg.

Paul Wintersteller is Senior Deep Water Surveyor at the University of Bremen.

Dr. Knut Hartmann is COO at EOMAP in Seefeld, Germany.

hartmann@eomap.de

Intro

EMODnet Bathymetry is being developed in the framework of the European Marine Observation and Data Network (EMODnet) as initiated by the European Commission. EMODnet Bathymetry aims at facilitating the access to bathymetric data covering all the European seas and which are held by multiple organisations such as Hydrographic Offices, research organisations and private companies. In order to do so, the EMODnet Bathymetry portal (www.emodnet-bathymetry.eu) provides open and free access to the bathymetry of the European seas at 1/16 arc minute which is approximately 115 m resolution depending on latitude (EMODnet Bathymetry Consortium 2018), along with metadata of surveys and pre-gridded products held by the partners.

The original data sets themselves are not distributed without the consent of the data provider. Only the metadata are publicly available through services, giving clear information about the background survey data used for the digital terrain model (DTM), their access restrictions, if any, originators and distributors. The semi-distributed infrastructure of SeaDataNet facilitates requests from users to data providers with metadata harmonised and centralised in dedicated and controlled catalogues (Schaap and Lowry 2010).

Viewing and downloading services give users wide functionalities to interact with EMODnet DTM and all its constituents. They are also made available by means of OGC (Open Geospatial

Consortium) web services (e.g. WMS, WFS, WCS, WMTS)

This article presents the current status of the EMODnet Bathymetry project, its impact on the marine stakeholders, with examples from the German community, and provides an outlook to future developments.

The user experience

The current EMODnet DTM, which was released at the end of September 2018, has a grid resolution of 1/16 arc minute × 1/16 arc minute (approximately 115 m width and 60 to 90 m height, depending on latitude). It contains approximately 12.3 billion grid nodes organised in 64 tiles. From all the data sources gathered (> 30,000), a total of 9,456 unique data set references have been sampled for use in the current common EMODnet DTM (see methodology below). This DTM is available free of charge for viewing and downloading, and for sharing by OGC web services from the EMODnet Bathymetry portal (Fig. 1). The OGC services include a recently published world baselayer (EBWBL) covering both water and land at a global scale (<https://tiles.emodnet-bathymetry.eu>).

On top of the EMODnet DTM, selected areas are covered with higher resolution DTMs (HR-DTMs), which again follow the same grid geometry, but then with resolutions of 1/32 to 1/512 arc minute, depending on the data policy of the data provider or prevailing national policy and physical constraints related to the limitations of the sen-

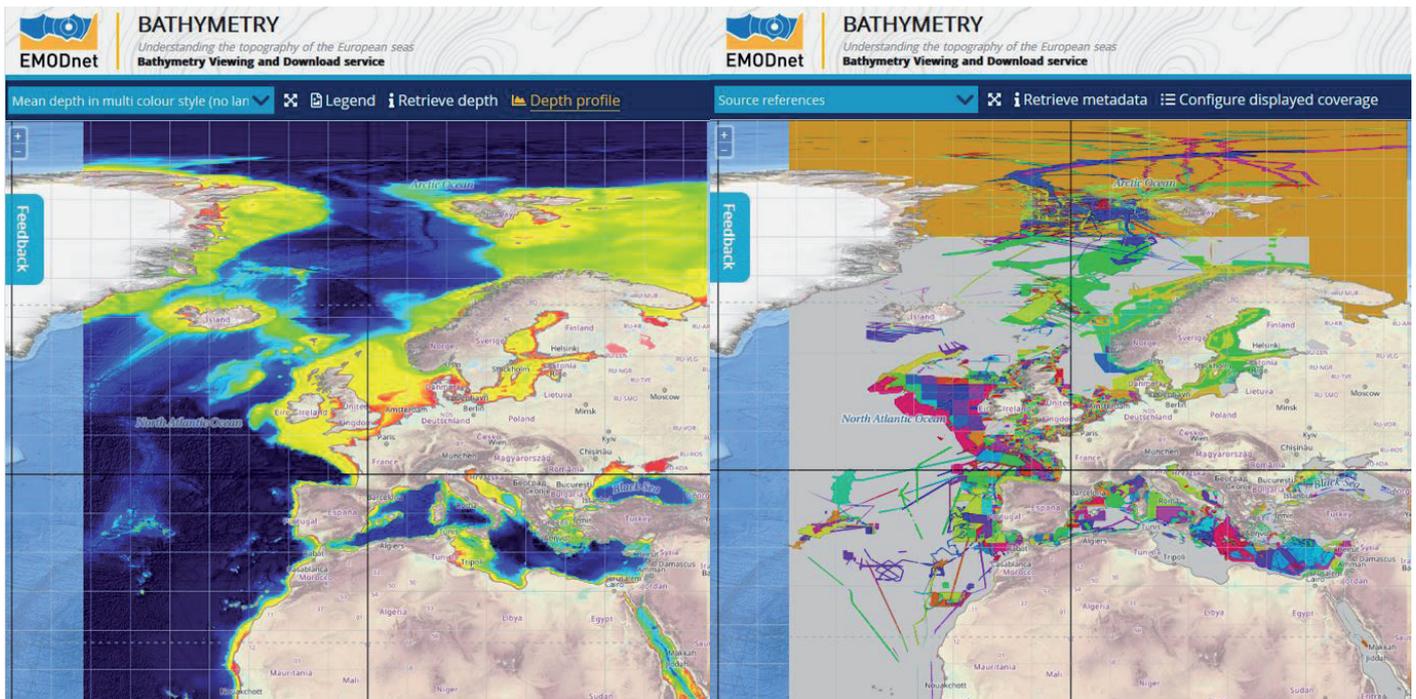


Fig. 1: Overview of the EMODnet bathymetry portal (<https://portal.emodnet-bathymetry.eu>) showing the bathymetric DTM at 1/16th arc minute resolution (left) along with the coverages of the source data (right)

sor during the acquisition. Generally, HR-DTMs are covering areas of particular interests such as, for example, canyons, sea mounts, hydraulic sand dunes and coastal areas. For the North Sea, for example, the German HR-DTMs are based in harmony with the DGM-W grids (Digitales Geländemodell des Wasserlaufs). These digital terrain models have been developed in cooperation between the German Waterways and Shipping Agencies and the German Federal Maritime and Hydrographic Agency. The DGM-W grids show the German estuaries of the Elbe, the Weser and the Ems with their individual bathymetric profile of tidal flats, inlets and shoals. These grids are a compilation of multibeam echo sounder data, single-beam echo sounder data and LiDAR data.

Describing source data is a key element for both the aggregation of individual data sources within the DTM and the interrogation and use of individual data by users through the data portal. Since the early stages of EMODnet Bathymetry, a strong relationship with the Pan-European SeaDataNet network and infrastructure has been established. SeaDataNet's primary goal is the development of a standardised, distributed system for managing the large and diverse data sets collected by oceanographic fleets and automatic observation systems across various scientific themes. The key element in the realisation of such a distributed system includes common metadata standards for the expression of data ownership, data acquisition and processing, communication and quality assurance. This includes the use of XML and international standards, such as ISO 19115 – 19139, and more importantly shared (and commonly defined)

vocabularies. These are all managed in close collaboration between EMODnet Bathymetry, SeaDataNet, OGC, ISO, W3C, within the definitions set by the INSPIRE Directive 2007/2/EC.

The benefits that EMODnet Bathymetry is getting from this tight collaboration with SeaDataNet reside in the explicit expression of lineage (origin), data quality, history and distribution conditions of the data sources. The SeaDataNet Common Data Index (CDI) infrastructure and metadata standards with its network of distributed data centres have been adopted and adapted by EMODnet Bathymetry to provide an integrated and harmonised overview and access to bathymetric surveys that are gathered by the project (Fig. 2).

While the CDI is used as the basis for the description of individual bathymetric surveys, the EMODnet Bathymetry team is also conscious that some data providers want to provide gridded products composed from multiple sources, also known as composite grids. Hence, the EMODnet bathymetry community has adopted and adapted the SeaDataNet Sextant catalogue service, in order for data providers to provide details about Composite DTMs. This is known as the CPRD index (CPRD stands for composite product). The Sextant metadata files also follow the ISO 19115 – 19139 metadata standards and are supported by SeaDataNet controlled vocabularies.

Underlying methodology and technology

EMODnet Bathymetry deals with heterogeneous bathymetric data, provided by multiple providers, various sensors, various ages and survey quality. In

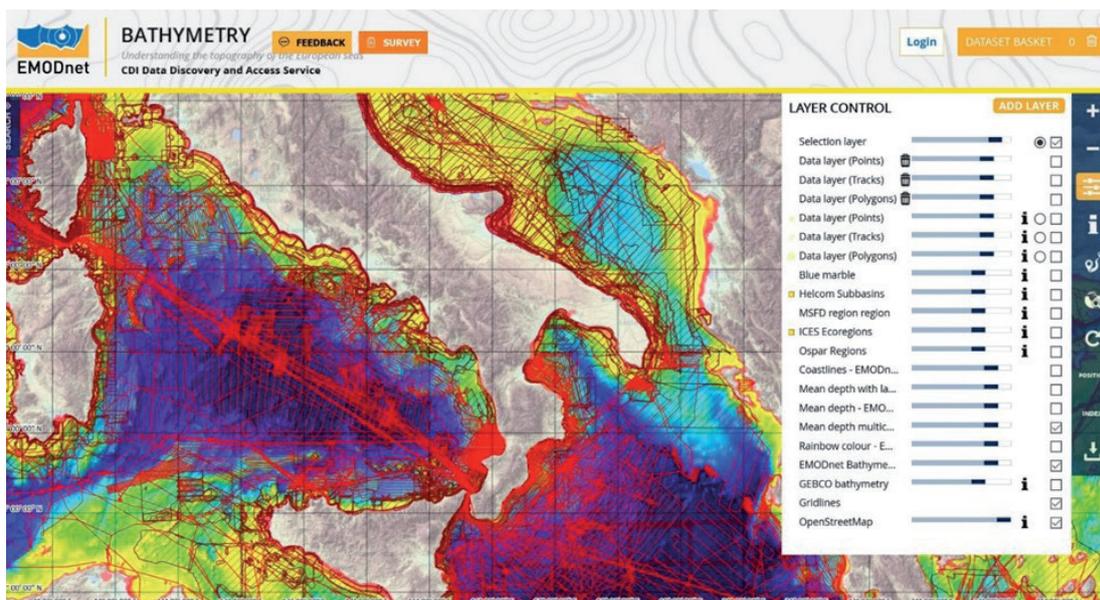


Fig. 2: Example of survey coverage. Individual polygons or polylines indicate a specific survey which is associated to standard metadata (see text), including a reference to the data originator and/or the data distributor

order to overcome this diversity, an effective and adapted data management system has been designed in accordance with international standards and common practice. The full EMODnet Bathymetry processing chain, including metadata generation and data sampling, is illustrated in Fig. 3. It reads from the top, where post-processed source data (i.e. data that have undergone a full hydrographic workflow) are described (metadata production) and sampled using dedicated software. Metadata are made available for cataloguing (CDI and CPRD as introduced earlier). Sampled data are made available for validation/quality check and compilation in a regional DTM, prior to the integration in the complete DTM and display on the web portal.

The EMODnet Bathymetry consortium benefits

from a wide panel of expertise and resources from the semi-distributed network of 49 directly contributing organisations. By semi-distributed network, one understands two main ideas. First, data sources are always being held by the originating organisation, which can freely decide how they can put into effect their national or organisational data policy relative to the distribution to end users. Only metadata and the associated viewing/downloading services are being commonly centralised. For data participating in the DTM, source data are being sampled at the common DTM grid resolution (associated with a commonly agreed cell geometry, see below). Second, roles of the contributors are distributed amongst data providers, regional basin coordinators and DTM/Portal integrator. While the data providers have direct access to the source data, they also have a detailed knowledge of the conditions in which they have been acquired and processed. Their role is to process data (hydrographic workflow), prepare the metadata and down sample the post-processed source data. This information is then used by one or more of the twelve basin coordinators in order to aggregate the data and compose a DTM over their area of responsibility (BSH is responsible for the North Sea). Through this process, a feedback loop enables a first level of quality analysis. All the basin coordinators provide their compilation to the DTM/Portal integrator who makes sure they all fit together coherently and all convey associated data attributes (soundings density, main contributor, minimum and maximum water depth, standard deviation per grid cell) and lineage to the metadata. Through this second check, the quality assurance of the DTM product is further ensured.

Key to all this methodology is standardisation and harmonisation of the methods and tools.

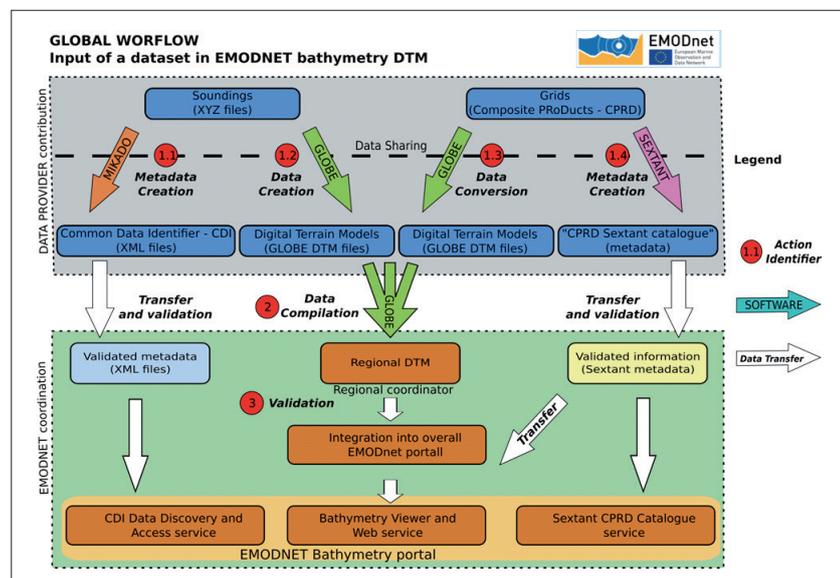


Fig. 3: Overall post-processed data and associated metadata workflow, including roles and actions of the partners of the project

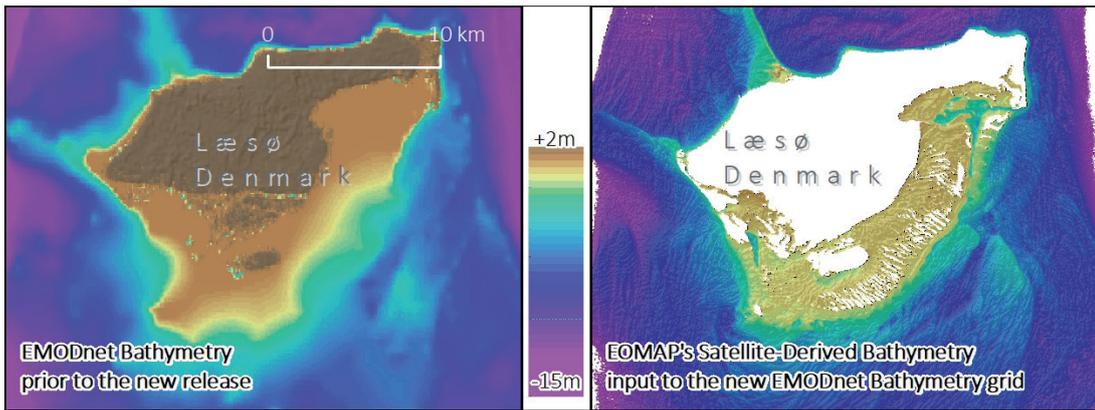


Fig. 4: EMODnet bathymetry prior to the latest release of EMODnet bathymetry (left) and the new dense bathymetric data input from EOMAP's satellite-derived bathymetry (right) which serves as input for the latest EMODnet bathymetry release. The image shows Læsø located in the Kattegat between Denmark and Sweden

Those have been earlier described when speaking about metadata. Concerning the bathymetric data, agreement has been reached amongst the data providers whose sampled data sets respect:

- the same horizontal and vertical references: horizontal coordinates are expressed as latitude, longitude, based on the WGS84 coordinate system (EPSG:4326), while for the vertical component, data are meant to be provided in metres relative to the lowest astronomical tide level (or a surface locally assimilated to it);
- sampling strategy: each grid cell is given at its centre, known as the grid node. Grid nodes are positioned in a unique way from the Greenwich meridian (0°) in longitude and the equator (0°) in latitude respectively as a multiple of the grid cell size plus half the cell size;
- the mean value of all soundings reported within the grid node, along with other attributes such as the minimum and maximum value, the number of soundings and the standard deviation are considered to provide enough information needed to estimate the local depth considering the targeted resolution.

In order to help all the contributors in their tasks, common tools are provided to help them producing metadata information (Ifremer's MIKADO and Ends And Bends software – www.seadatanet.org/Software) and for the preparation and manipulation of the sampled data sets (Ifremer's GLOBE software, Poncet et al. 2020).

The German perspective

EMODnet-Bathymetry portal is formed by a European consortium of which three entities, BSH, EOMAP and MARUM are based in Germany.

EOMAP contributes to EMODnet bathymetry to fill shallow water bathymetric data gaps in areas where no survey data exist or those are not accessible to the project. EOMAP applies satellite-derived bathymetry technologies for that purposes (Hartmann et al. 2017; Hartmann and Heege 2020) and provided a total of 14,000 km² of dense

shallow water bathymetric data, covering the Aegean Sea, Mediterranean coastal waters of Spain, Denmark, southern Italy, Croatia, Cyprus and parts of Libya. The provision of the satellite-derived bathymetry grid for the shallow water significantly increased the level of detail of coastal European waters (Fig. 4) and therefore is an important contribution for coastal and hydrodynamic modelling applications.

BSH contributes 119 additional data sets for the EMODnet 2020 project phase (currently undergoing), covering an area of ca. 3,100 km² in the North Sea and the Baltic Sea, including a new high-resolution DTM of the Jade area covering ca. 1,000 km² (Fig. 5). BSH is one of the first members of the EMODnet project and provided overall 1,132 data sets, including ten HR-DTMs since the first data collection in 2009. From 2014 to 2016 the BSH was basin coordinator for the Baltic Sea (since then transferred to the Swedish Maritime Administration). Since 2016, BSH has the role of the Basin Coordinator for the Greater North Sea, an area reaching to the Shetland Islands in the North and the English Channel in the West. The task is to

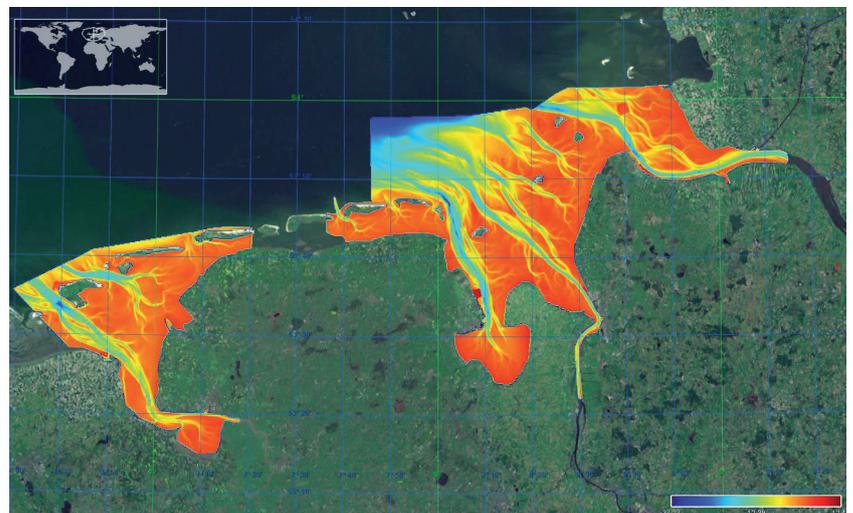


Fig. 5: High-resolution DTM »1850_North Sea – German Approaches DTM« available at very high spatial resolution

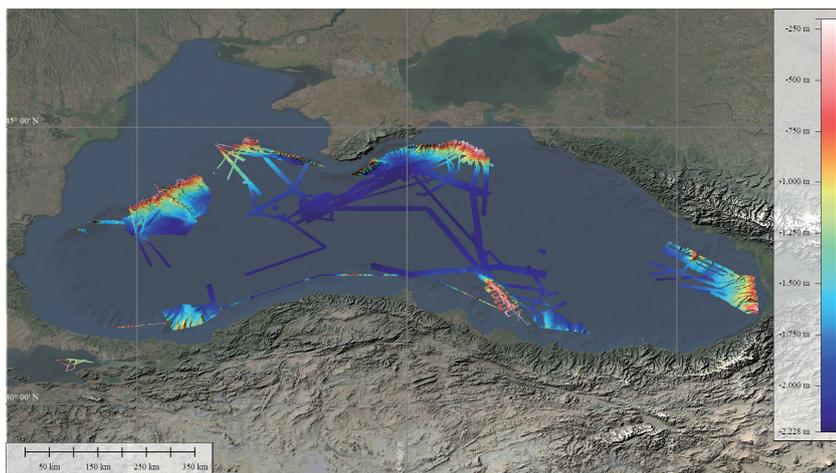


Fig. 6: German research community (MARUM and GEOMAR) contribution of processed bathymetry in the Black Sea

merge all data sets covering this area provided by the data providers.

The German marine geoscience research community acquired numerous hydroacoustic data within the European seas. Raw data sets are being archived by the BSH (www.bsh.de/EN/DATA/Oceanographic_Data_Center/Surveying_data/surveying_data_node.html). Within the EMODnet Bathymetry project the University of Bremen and MARUM have processed (full hydrographic processing including tidal, sound velocity correction, manual soundings editing and draft corrections), prepared metadata and sampled some of these data sets. More specifically, benefiting from two decades of strong interest in the Black Sea region, MARUM has shared their processed bathymetric data for the area (14 out of 16 survey cruises, see Fig. 6). Moreover, German bathymetric contribution has generated a number of scientific peer-reviewed papers such as Gutscher et al. (2017) in the Ionian Sea (Fig. 7), Loher et al. (2018) for the Calabrian Arc or the Gibraltar/Alboran Sea (Wienberg et al. 2013). The German research com-

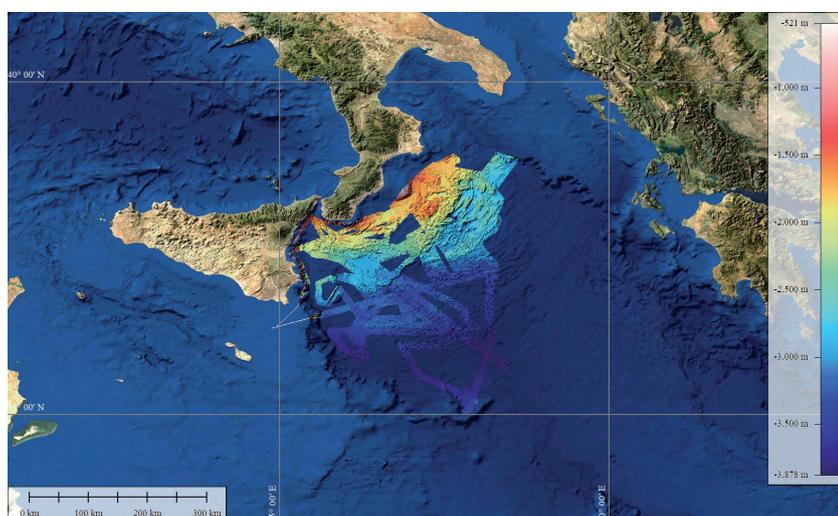


Fig. 7: High-resolution bathymetry contribution of the German research community in the Ionian Sea

munity has also been largely contributing to the Arctic area as part of a tight collaboration between EMODnet Bathymetry and the IBCAO community (Jakobsson et al. 2020).

Contribution to global bathymetric grids and regional programmes

As outlined above, since early years of the EMODnet Bathymetry programme, collaboration has been key factor for its development and success. Beyond the strong internal collaboration between contributors of the EMODnet consortium, as described earlier, EMODnet Bathymetry has also elaborated strong relations with several international actors.

The EMODnet DTM along with the description of the source bathymetric data enable contributing partners to fulfil their obligations against the INSPIRE Directive. Moreover, because the EMODnet DTM extends over national borders and that metadata are uniformly describing the data sources in a unique portal, user groups of similar interest have been selecting the EMODnet products as their main source of information. For example, both the North Sea Hydrographic Commission and the Baltic Sea Hydrographic Commission are using the bathymetric information originating from EMODnet as part of their Marine Spatial Data Infrastructure. This is also the case for the Baltic Environment Protection Commission (Jakobsson et al. 2019).

EMODnet Bathymetry also shares mutual complementary benefits with the International Hydrographic Organization (IHO) as a number of EMODnet contributors are themselves Hydrographic Offices and as the IHO sees the EMODnet Bathymetry products (DTM and data inventory) as an authoritative best estimate, trans-national digital bathymetric grid vital to the development of economic, scientific and environmental activities. This collaboration is embodied as part of the Memorandum of Understanding signed between the IHO and the European Commission in 2012. It is materialised through the full integration of the CDI/CPD metadata inventory services in the IHO DCDB (Data Centre for Digital Bathymetry) viewer (https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/iho_dcdb) through OGC services, giving the possibility for any user to retrieve metadata information from European data holders and to be redirected to the EMODnet Bathymetry portal for further exploration.

Additionally, GEBCO and EMODnet communities mutually integrate their bathymetric grids (respectively at 115 and approximately 500 m horizontal resolution). Fig. 8 shows the geographical distribution of measured data sources composing the recent 2019 GEBCO release. Note that darker areas indicate regions without direct measurement. In these areas, the bathymetry is predicted from satellite altimetry (Smith and Sandwell 1994). One can see in Fig. 8 that the European seas have largely

been covered, despite some small areas (especially in the deep ocean) thanks to the contribution of the EMODnet Bathymetry DTM to the GEBCO grid. Note that where only altimetric derived approximation is available, EMODnet bathymetry DTM is filled from this information originating from the GEBCO grid.

Along with the substantial improvement of the worldwide bathymetric coverage, this collaboration has also two main advantages:

- The convergence of both bathymetric products for the European waters, hence minimising confusion for the users;
- Smoothing the interface between the areas of measured bathymetric data and the ones issued from altimetry extrapolation, in both products.

To be fully exhaustive concerning this aspect, EMODnet Bathymetry is an active supporter of the Seabed 2030 initiative (<https://seabed2030.gebcoset.org/>) by sharing and promoting EMODnet methodology and federated infrastructure with central metadata and distributed data whereby data providers are well involved in the production of the DTM and well acknowledged for their contributions, hence further leveraging existing data and contributing to reach Seabed 2030 targeted goals.

Future developments of EMODnet Bathymetry

The EMODnet bathymetry community is avid of new developments that aim to improve either the bathymetric coverage of European waters, the collaboration between the different actors in the production phases or the experience that the user can have when using the generated product. For the first item, the use of satellite-derived bathymetry to improve the bathymetric knowledge of some areas has been innovative back in 2016. Evaluation

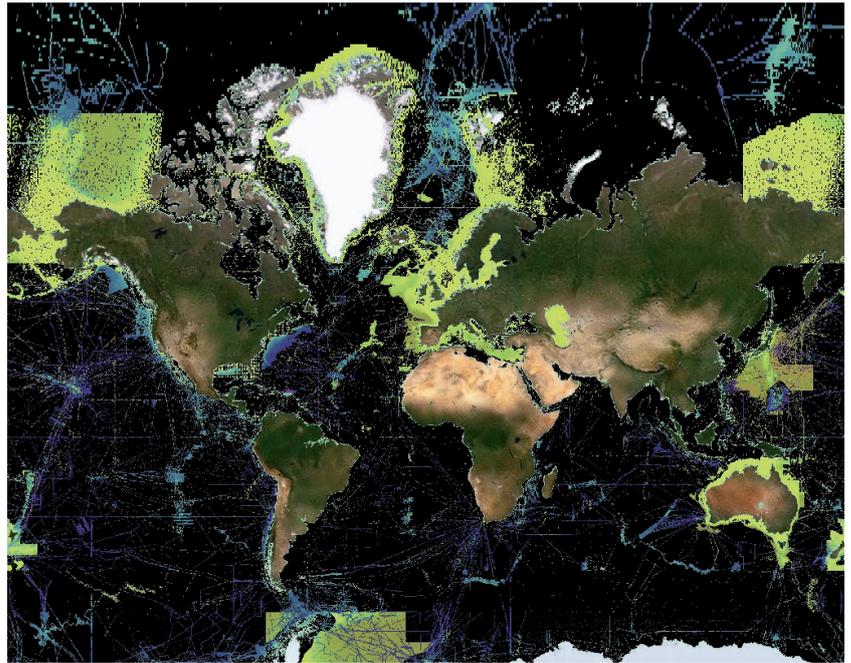


Fig. 8: Worldwide bathymetric coverage. Dark blue indicates areas where the bathymetry is being derived from altimetric signal. Other patches indicate where bathymetric data have been acquired using mostly acoustic sensors and data have been made known to the GEBCO community

of IceSat-2 data (Parrish et al. 2019), for example, or crowd source bathymetry, and their potential inclusion in next releases is under consideration. With respect to the second axis of innovation partner Ifremer is particularly active in the development of a virtual research environment using HPC Datarmor as a nodal processing point along with web processing services. Finally concerning the third point of innovation, Campos et al. (2020) illustrate works undertaken to investigate 3D raster simplification methods for large scale DTM, with the main aim of providing a fluid 3D view rendering directly accessible through recent web browsers (Fig. 9).



Fig. 9: 3D rendering of a HR DTM (orange layout) at the entrance of the Dover Strait

Conclusion

EMODnet bathymetry provides a unique inventory of bathymetric data describing the European waters. Thanks to the harmonisation of both metadata and data sampling mechanisms catalogues of existing data (CDI and CPRD) are available to the public along with 1/16 arc minute resolution DTM. These enable any user to fulfil most of his usage either by a direct use of the DTM or by requesting source data directly from the provider. The approach also allows international collaboration with regional and worldwide stakeholders such as the GEBCO/Seabed 2030. While, the EMODnet Bathymetry community keep following new developments (acquisition, processing and rendering), it also builds up on the gathering of a large community of experts. Therefore, we continue our invita-

tion to potential survey data providers to contact us for cooperation in views of the improvement of resolution and coverage of the DTM product. //

Acknowledgements

Work and results described in this paper have been funded by the European Commission under contracts numbers EASME/EMFF/2015/1.3.1.7/Sl2.742125 and EASME/EMFF/2017/1.3.1.2/01/Sl2.791269.

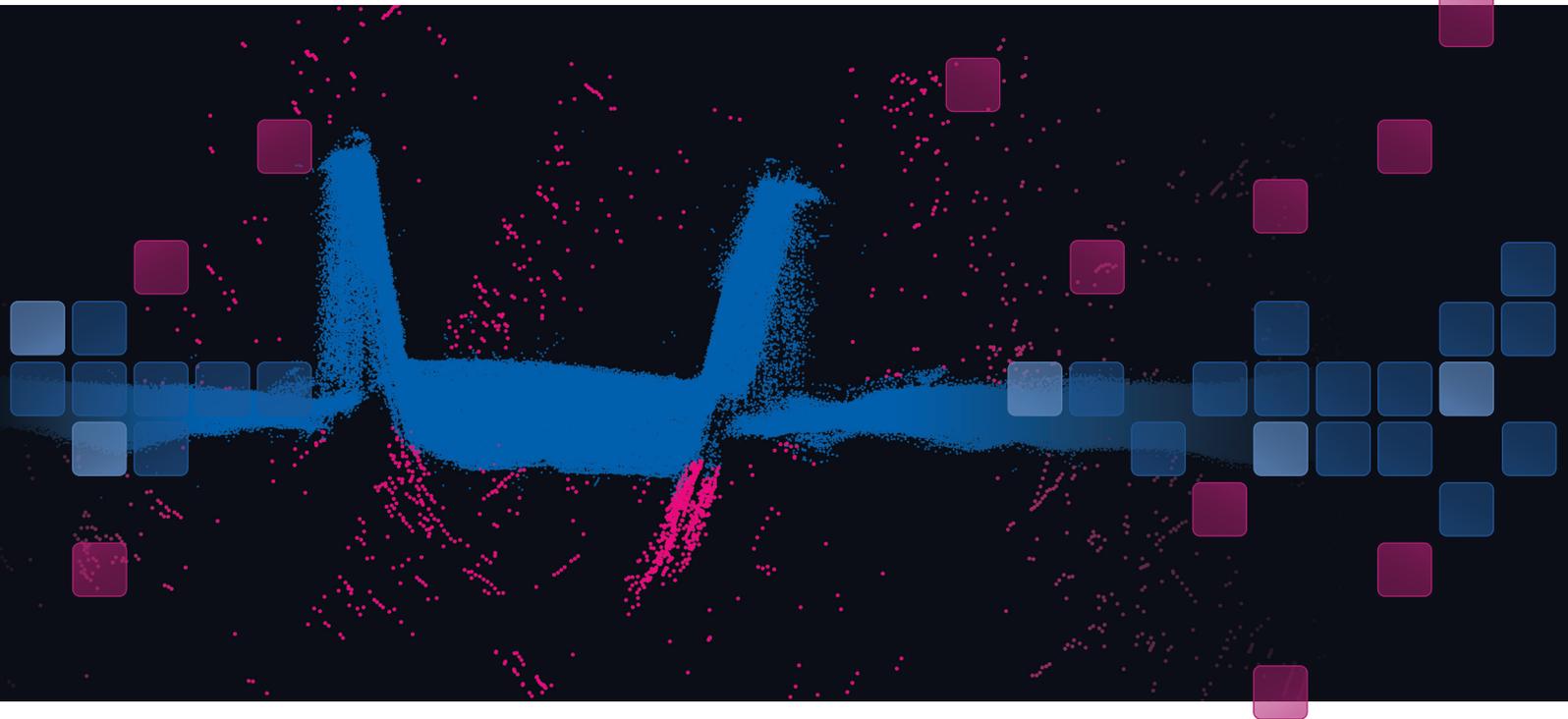
The EMODnet Bathymetry consortium is composed of 49 direct partners who are all associated to the results presented in this paper.

EMODnet Bathymetry is thankful to all the hydrographers and oceanographers who have patiently helped gathering bathymetric information contributing to our compilation. We hope our work further enhances the value of their effort.

References

- Campos, Ricard; Josep Quintana; Rafael Garcia; Thierry Schmitt (2020): 3D simplification methods and large scale terrain tiling. *Remote Sensing*, DOI: 10.3390/rs12030437
- EMODnet Bathymetry Consortium (2018): EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2018), DOI: 10.12770/18ffod48-b203-4a65-94a9-5fd8boec35f6
- Gutscher, Marc André; Heidrun Kopp; Sebastian Krastel et al. (2017): Active tectonics of the Calabrian subduction revealed by new multi-beam bathymetric data and high-resolution seismic profiles in the Ionian Sea (Central Mediterranean). *Earth and Planetary Science Letters*, DOI: 10.1016/j.epsl.2016.12.020
- Hartmann, Knut; Thomas Heege; Magnus Wettle; Marcus Bindel (2017): Satellite-derived bathymetry – An effective surveying tool for shallow-water bathymetry mapping. *Hydrographische Nachrichten*, DOI: 10.23784/HN108-05
- Hartmann, Knut; Thomas Heege (2020): Hydrographic remote sensing made in Germany. *Hydrographische Nachrichten*, DOI: 10.23784/HN116-07
- Jakobsson, Martin; Larry A. Mayer; Caroline Bringensparr et al. (2020): The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. *Scientific Data*, DOI: 10.1038/s41597-020-0520-9
- Jakobsson, Martin; Christian Stranne; Matt O'Regan et al. (2019): Bathymetric Properties of the Baltic Sea. *Ocean Sciences*, DOI: 10.5194/os-2019-18
- Loher, Markus; Thomas Pape; Yann Marcon et al. (2018): Mud extrusion and ring-fault gas seepage - Upward branching fluid discharge at a deep-sea mud volcano. *Scientific Reports*, DOI: 10.1038/s41598-018-24689-1
- Parrish, Christopher E.; Lori A. Magruder; Amy L. Neuen-schwander et al. (2019): Validation of ICESat-2 ATLAS bathymetry and analysis of ATLAS's bathymetric mapping performance. *Remote Sensing*, DOI: 10.3390/rs11141634
- Poncelet, Cyrille; Gael Billant; Marie-Paule Corre (2020): GLOBE (Global Oceanographic Bathymetry Explorer) Software. *SEANOE*, DOI: 10.17882/70460
- Schaap, Dick M. A.; Roy K. Lowry (2010): SeaDataNet – Pan-European infrastructure for marine and ocean data management: Unified access to distributed data sets. *International Journal of Digital Earth*, DOI: 10.1080/17538941003660974
- Smith, Walter H. F.; David T. Sandwell (1994): Bathymetric prediction from dense satellite altimetry and sparse shipboard bathymetry. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, DOI: 10.1029/94JB00988
- Wienberg, Claudia; Paul Wintersteller; Lydia Beuck; Dierk Hebbeln (2013): Coral patch seamount (NE Atlantic) – A sedimentological and megafaunal reconnaissance based on video and hydroacoustic surveys. *Biogeosciences*, DOI: 10.5194/bg-10-3421-2013

Introducing CARIS Mira **AI**



Bring the Noise

The Sonar Noise Classifier is a Gamechanger

Powered by the CARIS Mira AI engine and available now in CARIS HIPS and SIPS 11.3.

The Sonar Noise Classifier automatically identifies noise providing significant reductions in manual cleaning and quickly propels data from acquisition to review.

Reduce manual cleaning by up to 10x at an accuracy of 95%.

Try it now with a **FREE 30-Day Trial!**



LEARN MORE about the Sonar Noise Classifier
www.teledynecaris.com/caris-mira/



TELEDYNE CARIS
Everywhereyoulook™

Part of the Teledyne Imaging Group

Hochauflösende bathymetrische Untersuchungen im Mittelmeer

Eine Schlüsselanalyse zum Verständnis submarinen Schlammvulkanismus

Ein Beitrag von GERHARD BOHRMANN, PAUL WINTERSTELLER, CHRISTIAN DOS SANTOS FERREIRA, MIRIAM RÖMER und GERRIT MEINECKE

Während an Land etwa 1100 Schlammvulkane bekannt sind, ist ihre Zahl in den Ozeanen unbekannt. Meeresgeologen schätzen die Zahl der marinen Schlammvulkane mit 1000 bis 100 000 sehr unterschiedlich ein. Mit den herkömmlichen akustischen Systemen sind sie von Forschungsschiffen zwar am Meeresboden meist erkennbar, aber Entstehung, Dynamik und ihre Wechselwirkung mit anderen meeresgeologischen Prozessen offenbaren sich erst nach einer hochauflösenden bathymetrischen Vermessung. Beispiele aus dem östlichen Mittelmeer werden hier vorgestellt.

Schlammvulkane | hochauflösende Bathymetrie | AUV-Vermessung
mud volcanoes | high-resolution bathymetry | AUV survey

About 1100 mud volcanoes are known on land, while their number in the oceans is unknown. Marine geologists estimate the number of marine mud volcanoes to vary greatly, ranging from 1000 to 100 000. Although conventional acoustic systems usually allow research vessels to detect them on the seabed, their formation, dynamics and their interaction with other marine geological processes can only be revealed after a high-resolution bathymetric survey. Examples from the eastern Mediterranean are presented here.

Autoren

Prof. Dr. Gerhard Bohrmann, Paul Wintersteller, Christian dos Santos Ferreira und Dr. Miriam Römer sind am Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen beschäftigt und arbeiten am MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften. Dr. Gerrit Meinecke ist Mitarbeiter am MARUM.

gbohrmann@marum.de

Vulkane, die Schlamm statt Lava speien

Während uns die Existenz von magmatischen Vulkanen, wie Ätna auf Sizilien, Pinatubo auf den Philippinen oder Fuji-san in Japan, allgegenwärtig ist, sind Schlammvulkane weniger bekannt. Sie fördern keine flüssige Gesteinsglut, sondern stark wasserhaltigen Schlamm, Gesteinsbrocken und fast immer das klimawirksame Methangas. Wie der Kegel eines Schlammvulkans aussieht, hängt vom Durchmesser des Förderschlotes und von der austretenden Menge an Schlamm und seiner Zusammensetzung ab. Dabei sind meterhohe Kegel bis zu Vulkanstrukturen mit einem halben Kilometer Höhe und fünf bis acht Kilometern Durchmesser möglich. Tritt der Schlamm langsam aus tieferen Sedimentschichten der Erde, entstehen domartige Strukturen. Tritt hingegen flüssiger Schlamm relativ schnell aus, bilden sich nur flache Kegel oder Fladenstrukturen. Heftiger, gasgeladener Schlammausfluss führt zu kraterähnlichen Senken, in deren Zentrum sich häufig ein Kratersee aus dünnflüssigem Schlamm bildet.

Prinzipiell fördern Schlammvulkane eine Mischung aus Ton, Wasser und Gas. Aufgrund seiner geringen Dichte ist das Gemisch in tieferen Erdschichten nicht stabil. Die über ihm lagernden Sedimentschichten üben einen großen Druck aus,

sodass der Schlamm an Schwächezonen, wie z. B. an tektonischen Störungen, aufsteigt. Dabei kann der Schlamm aus dem Muttergestein heraus direkt in einem schmalen Schlot nach oben durchbrechen oder ähnlich den Salzstöcken auf größerer Breite einen pilzartigen Schlammkörper bilden. Im Dachbereich solcher Schlammadiapire steigt durch eine zunehmende Entmischung von freiem Gas der Überdruck und der Schlamm entweicht in einzelnen Schüben über Förderkanäle zur Landoberfläche oder im Ozean zum Meeresboden.

Neben dem Schlamm werden auch Gesteinsbrocken ganz unterschiedlicher Größe aus der Tiefe mitgerissen, die zusammen mit dem Schlamm typische Schlammbrekzien bilden. Anhand dieser sogenannten Lithoklasten können Geologen herausfinden, aus welchen Tiefen der Schlamm stammt. Tiefen von 2 bis 10 km, im Kaspischen Meer sogar bis zu 15 km, sind keine Seltenheit.

Schlammvulkane des Mittelmeerraumes

Schlammvulkane treten weltweit auf, sind aber in Gebieten, in denen Erdplatten zusammenstoßen, z. B. Subduktionszonen, besonders häufig. Voraussetzungen, dass Schlammvulkane gebildet werden, sind erstens mächtige, vorwiegend feinkörnige Sedimentablagerungen, zweitens große

Mengen Methan, die sich unter sauerstofffreien Bedingungen aus dem organischen Material der Ablagerungen mikrobiell durch Fermentation bzw. Karbonatreduktion bilden, und drittens tektonischer Druck, den kollidierende Erdplatten ausüben können. Solche Bedingungen sind in Deutschland nicht zu finden. Wenn wir allerdings nach Norditalien schauen bzw. den Mittelmeerraum betrachten, können wir zahlreiche Schlammvulkane sowohl an Land als auch am Meeresgrund antreffen.

Schiffsexpeditionen der letzte 25 Jahre haben allein im östlichen Mittelmeer um die 500 Schlammvulkane entdeckt (Abb. 1, oben). Die meisten dieser Schlammvulkane sind sehr klar an die Kollisionszone zwischen Europa und Afrika gebunden, wobei in der Ägäis und in der Türkei Mikroplatten eine Rolle spielen. So zeigt der Vergleich der entdeckten Schlammvulkane (Abb. 1, oben) mit den plattentektonischen Elementen (Abb. 1, unten), dass sich Schlammvulkane in den drei Bögen – dem Kalabrischen Bogen, dem Mittelmeerrücken und dem Zypriotischen Bogen – häufen.

Die kollidierenden Erdplatten quetschen die Meeresablagerungen zusammen, zerschern sie in Pakete und stapeln sie übereinander. Das Was-

ser in den Poren der Sedimente wird dabei herausgedrückt. Dadurch beginnt das als Fluid bezeichnete Gemisch aus Wasser, Salzen und Gasen im Sediment zu zirkulieren. Verfrachtet der Prozess der Plattenkonvergenz die Sedimente in größere Tiefen der Erde, so steigen Druck und Temperatur, was weiteres Wasser aus Mineralumwandlungen freisetzt. Das freigesetzte Wasser trägt dazu bei, wässrigen Tonschlamm in Bewegung zu setzen. Durch weiteren Druckanstieg und Gasbildung kommt es dann in Verbindung mit dem tektonischen Stress zum Schlammvulkanismus in diesem Meeresgebiet. Allein der vom Nil aufgebaute Tiefseefächer bildet im östlichen Mittelmeer eine Ausnahme, da es dort in der Vergangenheit zu sehr viel mächtigeren Sedimentanhäufungen kam, die außerhalb der Kollisionszone durch höheren Auflastungsdruck der überlagernden Gesteinsschichten zu Schlammvulkanismus führten (Abb. 1). Vom Golf von Cadix über den Mittelmeerraum, das Schwarze Meer, die Kaukasusregion, das Kaspische Meer und den Makranbereich bis nach Indonesien zieht sich ein Gürtel, in dem verschiedene Plattenkollisionszonen, gepaart mit Schlammvulkanismus, eine häufige Erscheinung sind.

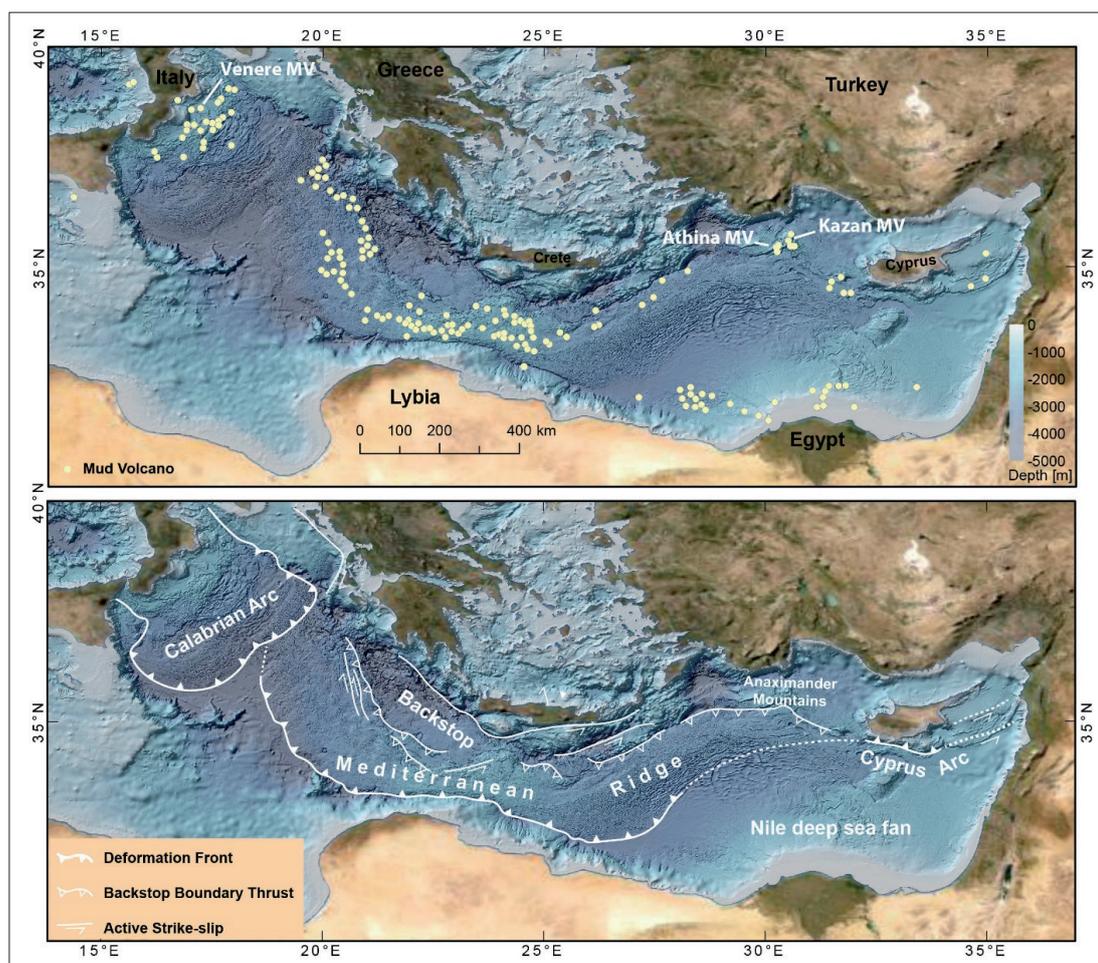


Abb. 1: Karten des östlichen Mittelmeers mit bathymetrischen Daten des EMODnet-Projekts (www.emodnet.eu/en/bathymetry). Die obere Karte enthält die Positionen von bekannten Schlammvulkanen (nach Mascle et al. 2014). Die drei Schlammvulkane Venere, Kazan und Athina werden hier vorgestellt. Die untere Karte zeigt wichtige plattentektonische Elemente der Kollisionszone zwischen der Eurasischen und der Afrikanischen Platte (nach Rabaute und Chamot-Rooke 2007)

Hochauflösende Bathymetrie mittels AUV-Vermessung

Ozeanische Schlammvulkane werden erst seit 25 bis 30 Jahren intensiver untersucht, seit wir von Schiffen aus mit verbesserten geophysikalischen Vermessungsmethoden Strukturen am Meeresboden auflösen können. Besonders das Fächerecholot, mit dem man die Topographie unter dem Schiffsrumpf, je nach Wassertiefe, in mehreren Kilometer breiten Streifen in einer Auflösung von ca. 25 bis 100 m vermessen kann, hat viel dazu beigetragen, Schlammvulkane in der Tiefsee zu erkennen. Aber erst seit mit Fächerecholoten auf autonomen Unterwasserfahrzeugen sehr viel näher am Meeresboden kartiert werden kann, erreichen wir eine deutlich bessere Auflösung im Meterbereich und teilweise darunter, die uns erlaubt, mehr über die Bildung und die Dynamik der Schlammvulkane zu verstehen. Am MARUM, dem Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen, benutzen wir dazu das AUV *SEAL*, welches für den Tiefsee-Einsatz bis 5000 Meter Wassertiefe konzipiert wurde (Abb. 2). Das 5,50 m lange, torpedoförmige Fahrzeug verfügt über einen elektrischen Antrieb, der über Lithium-Ionen-Batterien mit Energie versorgt wird. Diese ermöglichen eine Einsatzdauer von ca. 19 Stunden bzw. 100 Kilometer Wegstrecke (www.marum.de/Infrastruktur/MARUM-SEAL.html).

Während verschiedener Ausfahrten mit den Forschungsschiffen *Poseidon* und *Meteor* haben wir damit mehrere Schlammvulkane vermessen, um nach Kenntnis der hochauflösenden Bodentopographie gezielte Untersuchungen zum Schlammvulkanismus durchzuführen. Während wir in früheren Jahren das Reson-Fächerecholot 7125 mit einer Schallfrequenz von 400 kHz zur Vermessung nutzten, setzen wir in den letzten Jahren das Kongsberg-Lot EM 2040 mit Frequenzen von

200 bis 400 kHz ein. Weitere technische Details zur Vermessung und Bearbeitung der Bathymetrie, bis hin zum digitalen Höhenmodell (DTM) sind am Beispiel des Venere-Schlammvulkans in Wintersteller et al. (2017) zusammengefasst.

Venere-Schlammvulkan

Den Venere-Schlammvulkan im Kalabrischen Akkretionskeil (Abb. 1) haben wir während der *Meteor*-Expedition M112 im Jahre 2014 mit dem AUV vermessen, nachdem wir mit dem Schiffslot über 54 Schlammvulkane der Region überfahren hatten und sich herausgestellt hat, dass er der einzige Schlammvulkan ist, der aktiv Gasblasen emittierte. Diese AUV-Vermessung haben wir zwei Jahre später mit FS *Poseidon* komplettiert (Abb. 3), sodass eine detaillierte geomorphologische Rekonstruktion möglich wurde (Loher et al. 2018a). Der Schlammvulkan liegt mitten im Squillace Canyon in ca. 1600 m Wassertiefe und hat einen Doppelkegel aufgebaut, der den Canyonboden um etwa 100 m überragt.

Zahlreiche Anzeichen, wie Streifenmuster, parallele Furchen, Sedimentwellen und unterschiedlich große Kolkmarkssysteme dokumentieren, dass der Canyon häufig von Suspensionsströmen genutzt und geformt wird. Diese Turbidite werden durch Sedimenteintrag vom Kalabrischen Festland über mehrere saisonale Flüsse gespeist, die am oberen Kontinentalhang in der Squillace Bucht in den Canyon münden. Aus dem oberen Canyonbereich fließen die Suspensionsströme nach Osten in tiefere morphologische Niveaus ab und erodieren den Venere-Schlammvulkan (Loher et al. 2018a), wobei auch der Schlammvulkan selbst den Verlauf des Canyons beeinflusst. Im Bereich des Schlammvulkans verbreitert sich der Canyon von 4 auf 5 km und vor allem der südliche Hang des westlichen Gipfels, der größere Hangneigungen als die Nordseite hat, wird stark erodiert. Diese Erosion führte dazu, dass die rezenten und subrezent Schlammflüsse nach Süden abgelenkt werden, wo die jüngsten Schlammflüsse ältere Strömungsfurchen überdecken (Abb. 3). Die jungen Schlammflüsse am westlichen Gipfel weisen diesen als den jüngeren Kegel aus, dessen Schlammaustritt an der Kegelspitze von rezenten Gasemissionen begleitet werden, die hydroakustisch nachweisbar sind. Durch die AUV-Bathymetrie war eine gezielte Sedimentkernbeprobung möglich, deren sedimentologische Analyse zeigt, dass die Schlammbrekzien des westlichen Vulkankegels zwischen 882 Jahren und heute mit einer durchschnittlichen Extrusionsrate von 27 000 m³/Jahr abgelagert wurden (Loher et al. 2018a). Schlammbrekzien am östlichen Gipfel sind mindestens 2200 Jahre alt und lassen sich mindestens 4000 Jahre zurückverfolgen.

Die Schlammdefizite im Untergrund führen zu einem 2 bis 3 km großen Einsinktrichter, dessen

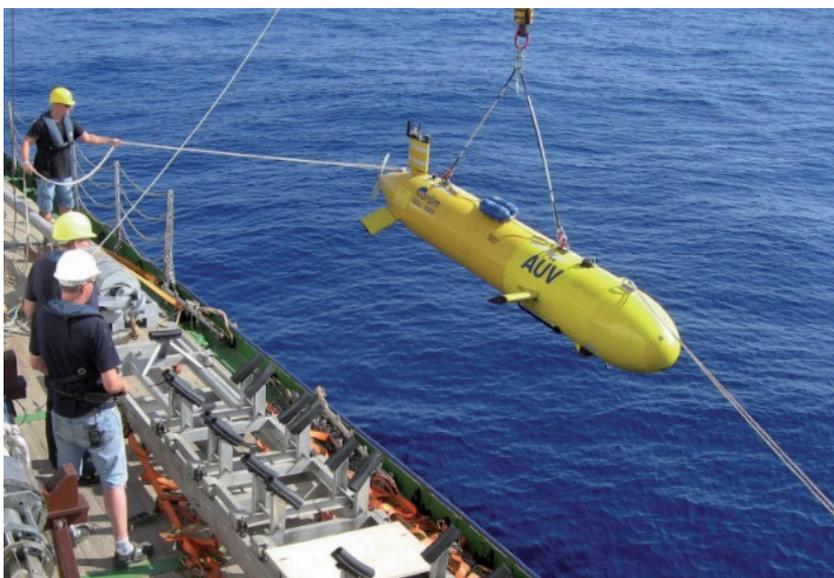


Abb. 2: Einsatz des AUV *SEAL* auf FS *Poseidon* zur bathymetrischen Vermessung eines Schlammvulkans im Mittelmeer

ringförmige abschiebende Störungen den östlichen Gipfel durchziehen (Abb. 3). Drei aktive Gasaustritte sind an diese Ringstörungen gebunden, wobei die vorgefundenen chemosynthetisch lebenden Organismen (Muscheln, Bartwürmer und Bakterienmatten) und authigenen Karbonatpräzipitate eine langlebige Existenz dieser Methanquellen belegen. Porenwässer der frisch extrudierten Schlammbrekzie sind bis zu 13 °C wärmer als die Hintergrundsedimente und enthalten Methankonzentrationen, die die 2,7-fache Sättigung übersteigen. Die Chloridkonzentrationen der Porenwässer dagegen sind bis zu fünfmal niedriger als das umgebende Meerwasser, welches auf die Freisetzung von Wasser aus diagenetischen Mineralreaktionen zurückzuführen ist (Loher et al. 2018b). Die Gasanalysen weisen auf thermogen-gebildete Kohlenwasserstoffe hin, die zusammen mit den Porenwasseranalysen Quellen der Schlamm-tiefen von mehr als 3 km belegen. Beimischungen von biogen gebildetem Methan und größere marine Anteile an den Porenwässern der Seeps deuten auf verzweigte Wegsamkeiten, die im zentralen Schlot das ursprüngliche Fluidsignal transportieren und Abzweigungen davon, die ein Mischsignal mit den oberflächennahen Porenfluiden über die Ringstörungen zum Meeresboden transportieren (Loher et al. 2018b).

Schlammvulkane des Anaximander-Gebirges

Aktive, durch Gasemissionen gekennzeichnete Schlammvulkane sind auch aus dem Anaximander-Gebiet bekannt (z. B. Lykousis et al. 2009; Bohrmann et al. 2014). Das Anaximander-Gebiet ist eine submarine Gebirgsregion zwischen 800 und 2450 m Wassertiefe, die zwischen dem Hellenischen und dem Zypriotischen Bogen liegt (Abb. 1). Im Gegensatz zu den Kompressionsbögen ist die Anaximander-Region tektonisch durch Abschiebungen und Blattverschiebungen zerblockt (Lykousis et al. 2009). Die zahlreichen tektonischen Störungen, die sich teilweise durchkreuzen, haben Wegsamkeiten für Schlammaufstieg aus größeren Tiefen geschaffen. Seit 1995 haben unterschiedliche Forschergruppen aus Holland, Frankreich, Russland und Deutschland die Schlammvulkane dieser Region untersucht, wobei zur Lokalisierung der Schlammvulkane vor allem hohe Rückstreu- oder sogenannte Backscatter-Werte der Side-Scan-Sonar- und Fächerecholotvermessungen genutzt wurden (Lykousis et al. 2009). In allen beprobten Schlammvulkanen des Anaximander-Gebietes wurden oberflächennahe Gashydrate nachgewiesen, welche im Mittelmeer aufgrund seiner hohen Wassertemperaturen von 13 bis 14 °C nahe dem Meeresboden selten vorkommen. Zusätzlich verschieben die im Mittelmeer häufig anzutreffenden messinischen Salze im Untergrund und die damit zusammenhängenden salzreichen

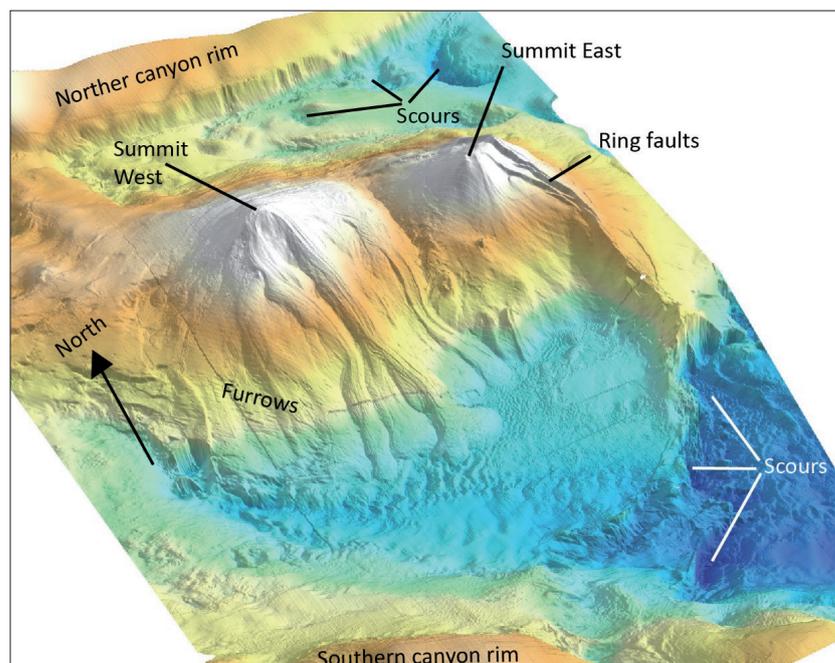


Abb. 3: Doppelgipfel des Venere-Schlammvulkans im Squillace Canyon des Forearc Beckens, Kalabrischer Akkretionskeil im Ionischen Meer

Porenwässer die Gashydratstabilitätsgrenze in große Tiefen. Die Porenfluide im Anaximander-Gebiet sind jedoch salzarm, welches die Gashydratstabilitätsgrenze zu geringeren Wassertiefen verschiebt (Pape et al. 2010).

Kazan-Schlammvulkan

Der Kazan-Schlammvulkan bildet einen isolierten Hügel von 45 m Höhe, der am Rande eines relativ flachen Plateaus in durchschnittlich 1070 bis 1050 m Wassertiefe liegt. Dieses Plateau liegt an der südlichen Flanke des östlichen Gebirgszuges der Anaximander-Region und östlich einer von Nordwest nach Südost verlaufenden prominenten Störungszone (Lykousis et al. 2009). Die AUV-Bathymetrie-Karte (Abb. 4) deckt lediglich den zentralen Bereich der Ausbruchsregion ab, während die Schiffsmultibeam-Karte durch stark erhöhte Backscatter-Werte zeigt, dass der Schlammvulkan nach Süden noch etwa doppelte Ausmaße hat. Ein einzelner Schlammfluss ist nach Süden den Hang abwärts noch bis in eine Wassertiefe von 1900 m zu verfolgen (Lykousis et al. 2009).

Die aufgestapelten Schlammflusseinheiten bilden zwischen 1745 und 1700 m Wassertiefe eine 900 m von Norden nach Süden breiter werdende keulenförmige Struktur, die im Norden um die Schlammaustrittsstelle 70 bis 80 m breit ist und sich im Süden auf ca. 260 m verbreitert. Lobenartige Wülste an der Oberfläche zeigen bei einer schwachen Hangneigung von etwas weniger als 1° die Fließrichtung von jüngeren Schlammflüssen nach Süden an. Ein runder Absenkungstrichter (Caldera) von 1100 m Durchmesser, der durch einen sehr deutlichen Hangknick zur Umgebung gekennzeichnet ist, umgibt den Austrittsschlot

(Abb. 4). Ältere Schlammflüsse, die morphologisch nur schwach zu erkennen sind, haben sich radial um den Austrittsschlot verteilt und teilweise die Caldera mit Schlammbrekzien oberflächlich aufgefüllt. Am südlichen Rand der Keulenstruktur sind Terrassen in 4 bis 5 m hohen Stufen ausgebildet, die auf wiederkehrende Schlammeruptionen und damit verbunden episodische Ausflussereignisse des Kazan-Schlammvulkans zurückzuführen sind. Dabei sind die Schlammbrekzien, die 500 m südlich des Ausbruchsschlotes zum Stillstand kamen, in sich stark verfestigt, sodass sie über 45 m Höhe einen Hang von 13° Neigung stabilisieren konnten.

Athina-Schlammvulkan

Der Athina-Schlammvulkan bildet eine morphologisch markante Struktur in 1850 m Wassertiefe am westlichen Rücken des Anaximander-Gebirges, der von 750 m in südöstliche Richtung bis in eine Wassertiefe von 2150 m abfällt. Die hochauflösende Bathymetrie der AUV-Vermessung offenbart eine recht komplizierte Morphologie mit verschiedenen Plateaus und steilen Hängen (Abb. 5). Ein halbmondartiger Absenkungstrichter ist durch einen Hangknick bei etwa 1860 m sichtbar, wobei der rezente Schlammausfluss aus einem Schlotbereich in 1830 m nicht ganz zentral dazu liegt.

Im östlichen, westlichen und südwestlichen Randbereich begrenzen Randschollen den Krater, die bis zu 20 m hohe Abbruchkanten zum Inneren des Kraters aufweisen. Die Gipfel dieser Randschollen (östlicher und westlicher Gipfel; Abb. 5)

ragen bis in 1800 m Wassertiefe. Ältere Schlammflüsse sind vom Schlotbereich in alle Richtungen vertreten, wobei der rezente bis subrezente Schlammfluss mit einer nur leichten Hangneigung von 0,2° in südwestliche Richtung und im Bereich des Durchbruches durch die Randschollen in südöstliche Richtung fließt. Ältere Schlammflussablagerungen überdecken den Hang in südwestliche Richtung bis zu einem Plateaubereich in 2150 m Wassertiefe. Dabei scheint der obere Hang bis 2000 m Wassertiefe mit 12° Neigung vermehrt Schlamm aufgehäuft zu haben, anders als der untere Hang mit nur 5° Neigung. Temperaturgradientenmessungen im Schlot zeigen erhöhte Werte von 70 °C/km, während sie außerhalb des Schlotes auf einem normalen Niveau von 15 bis 30 °C/km liegen. Trotz der wärmeren Temperaturen sind Gashydratkristalle in den Sedimentkernen der Schlammbrekzien vorhanden (Bohrmann et al. 2014). Auch außerhalb des Kraterbereiches sind Gasaustrittsstellen während der AUV-Vermessung akustisch registriert worden, die das Vorkommen von typischen kalten Quellen mit chemosynthetischen Organismen und Karbonatpräzipitaten mehrfach erwarten lassen. So wurden am südlichen Gipfel authigene Karbonate mit einem dichten Bewuchs von siboglinoiden Bartwürmern der Art *Lamellibrachia anaximandri* (Tamborrino et al. 2019) und lucinide Muscheln untersucht, die beste Anzeiger für kalte Quellen sind (Bohrmann et al. 2014).

Die Bathymetrie des Athina-Schlammvulkans

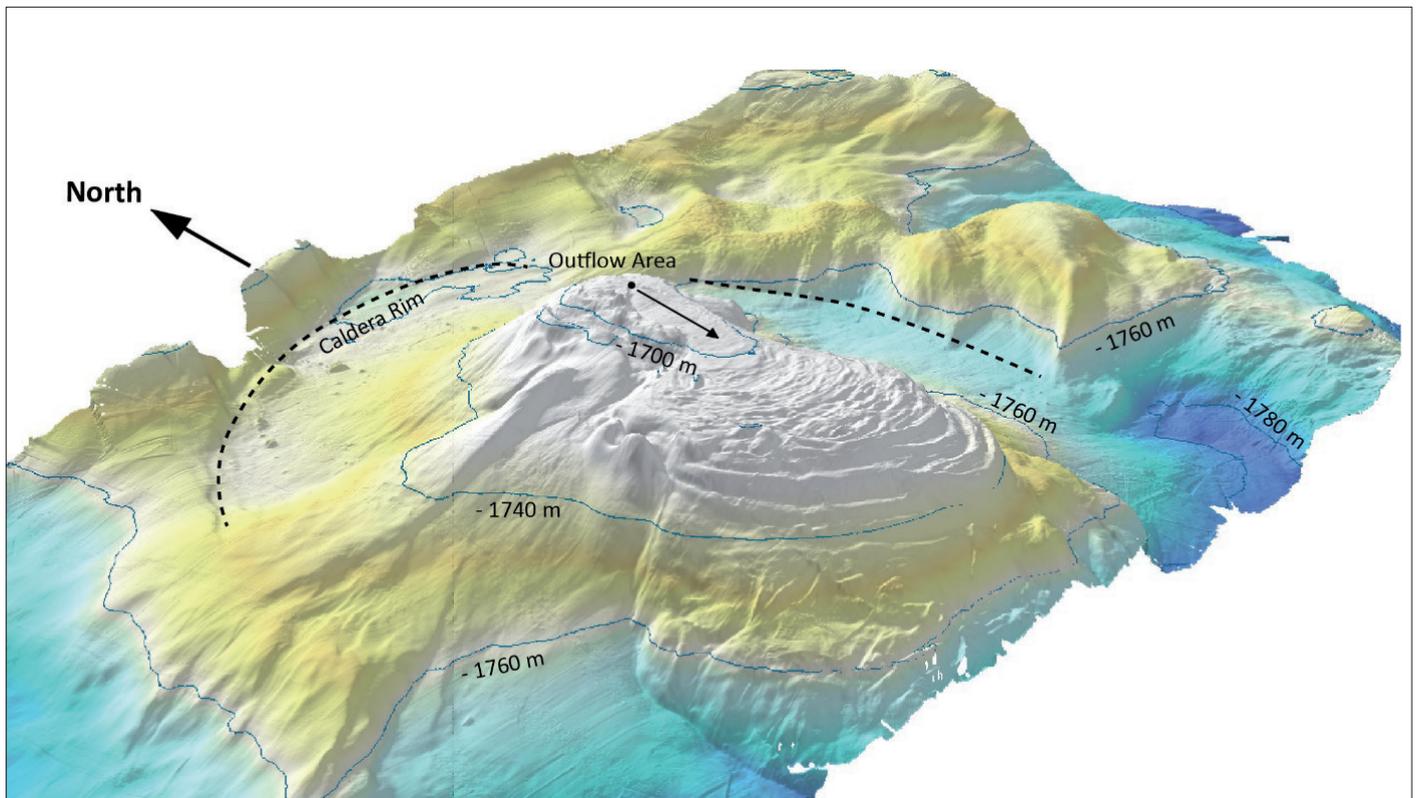


Abb. 4: Gestapelte Schlammfluss-Ablagerungen des Kazan-Schlammvulkans im östlichen submarinen Anaximander-Gebirge

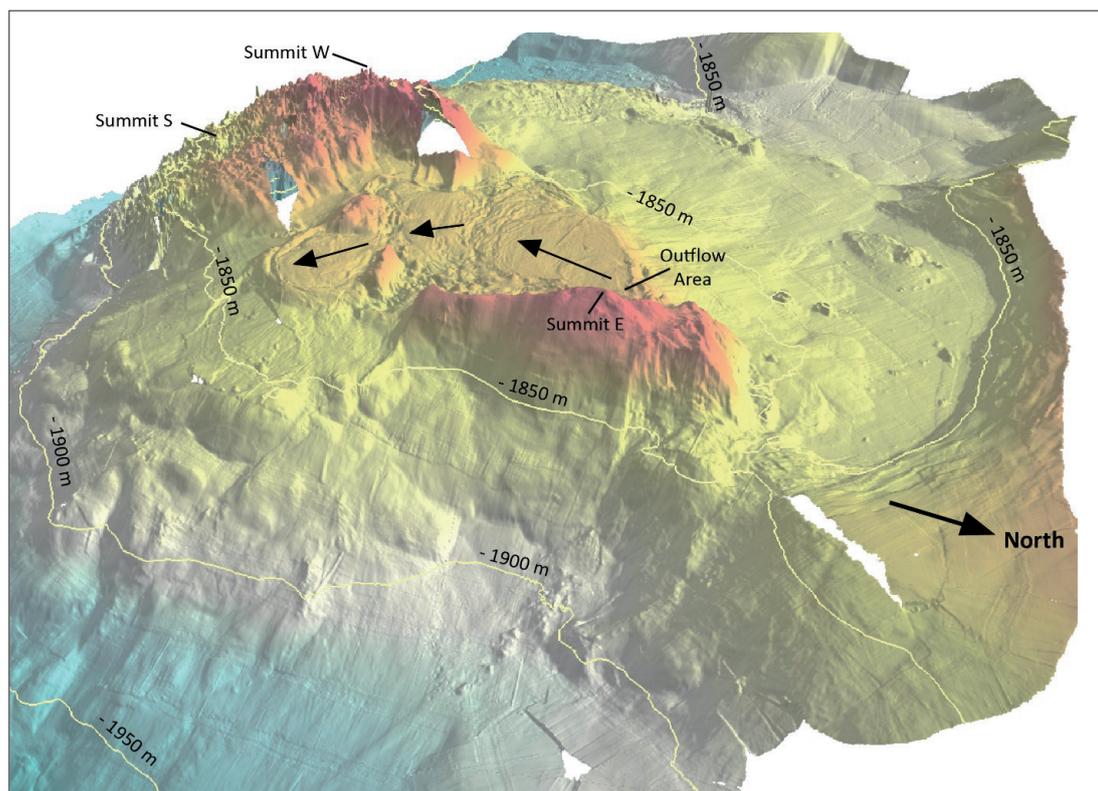


Abb. 5: Caldera mit subrezenten bis rezenten Schlammflüssen des Athina-Schlammvulkans in Hanglage, submarines Anaximander-Gebirge der Türkei

ist ein gutes Beispiel dafür, dass weiterführende Untersuchungen erst durch die AUV-Vermessung möglich werden. So konnte ein Observatorium, das über 26 Monate Druckänderungen im Schlot-

bereich registrierte (Menapace et al. 2017), nur betrieben werden, weil der Schlammaustrittsschlot von ca. 40 m Durchmesser durch die Vermessung sehr gut lokalisiert werden konnte. //

Literatur

- Bohrmann, Gerhard et al. (2014): Report and Preliminary Results of R/V POSEIDON Cruise P462, Izmir - Izmir, 28 October - 21 November, 2013. Gas Hydrate Dynamics of Mud Volcanoes in the Submarine Anaximander Mountains (Eastern Mediterranean). Berichte MARUM und FB 5, Universität Bremen, urn:nbn:de:gbv:46-00103551-12
- Mascle, Jean; Flore Mary; Daniel Praeg et al. (2014): Distribution and geological control of mud volcanoes and other fluid/free gas seepage features in the Mediterranean Sea and nearby Gulf of Cadiz. *Geo-Marine Letters*, DOI: 10.1007/s00367-014-0356-4
- Loher, Markus; Silvia Ceramicola; Paul Wintersteller et al. (2018a): Mud volcanism in a canyon: morphodynamic evolution of the active Venere mud volcano and its interplay with Squillace Canyon, Central Mediterranean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, DOI: 10.1002/2017GC007166
- Loher, Markus; Thomas Pape; Yann Marcon et al. (2018b): Mud extrusion and ring-fault gas seepage – upward branching fluid discharge at a deep-sea mud volcano. *Scientific Reports*, DOI: 10.1038/s41598-018-24689-1
- Lykousis, Vasilios; Stamatina Alexandri; John Woodside et al. (2009): Mud volcanoes and gas hydrates in the Anaximander mountains (Eastern Mediterranean Sea). *Marine and Petroleum Geology*, DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2008.05.002
- Menapace, Walter; David Völker; Heiko Sahling et al. (2017): Long-term in situ observations at the Athina mud volcano, Eastern Mediterranean: Taking the pulse of mud volcanism. *Tectonophysics*, DOI: 10.1016/j.tecto.2017.09.010
- Pape, Thomas; Sabine Kasten; Matthias Zabel et al. (2010): Gas hydrates in shallow deposits of the Amsterdam mud volcano, Anaximander Mountains, Northeastern Mediterranean Sea. *Geo-Marine Letters*, DOI: 10.1007/s00367-010-0197-8
- Rabaute, Alain; Nicolas Chamot-Rooke (2007): Quantitative mapping of active mud volcanism at the western Mediterranean Ridge-backstop contact. *Marine Geophysical Research*, DOI: 10.1007/s11001-007-9031-8
- Tamborrino, Leonardo; Tobias Himmler; Marcus Elvert et al. (2019): Formation of tubular carbonate conduits at Athina mud volcano, eastern Mediterranean Sea. *Marine and Petroleum Geology*, DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2019.05.003
- Wintersteller, Paul; Gerrit Meinecke; Markus Loher et al. (2017): Gridded bathymetry mosaic of Venere mud volcano (MV), based on AUV MARUM-SEAL data acquisition during POS499. *PANGAEA*, DOI: 10.1594/PANGAEA.884110

Lithium-Ionen-Batterien für die Tiefsee

Ein Beitrag von STEFAN MARX

Lithium-Ionen-Batterien (Li-Ion) kommen bei unterschiedlichsten Anwendungen in der Tiefsee zum Einsatz, sie werden für Fahrzeuge verwendet, zur Versorgung von Sensoren oder für Speichersysteme. Dabei kommt es auf höchste Leistungsdichte an, aber auch auf absolute Zuverlässigkeit, denn ein Ausfall wäre teuer. Die Kieler Firma SubCtech hat Lösungen für die Stromversorgung unter Wasser entwickelt.

Lithium-Ionen-Batterien | Stromversorgung | SOH | Alterung | Batteriemanagementsystem
Li-Ion batteries | power supply | SOH | aging | battery management system

Lithium-ion (Li-ion) batteries are used in a wide variety of applications in the deep sea, for vehicles, to supply sensors or for storage systems. The highest power density is essential, but also absolute reliability, because failure would be expensive. The company SubCtech based in Kiel has developed solutions for underwater power supply.

Autor

Stefan Marx ist CEO der SubCtech GmbH in Kiel.

marx@subctech.com

Im Wasser gibt es keine Steckdose! Wegen dieser simplen Feststellung hat SubCtech begonnen, Batterien zu entwickeln, anfänglich nur für eigene Tiefseesensoren, z. B. CO₂-Analyser. Dabei wurden Technologien, Marktanforderungen und eigene Ziele untersucht, die einfach zu benennen waren: Tiefsee, verschiedene Spannungen, verschiedene Ströme, möglichst viel Energie, geringe Kosten, höchste Zuverlässigkeit. Die Wahl fiel auf Li-Ion-Zellen in Titangehäusen. Diese Zellen erwiesen sich durch die breite Verwendung in industriellen und kommerziellen Anwendungen als weit entwickelt und mechanisch belastbar. Langjährige Erfahrungen in der Meerestechnik und in maritimen Technologien haben die Entwicklung zuverlässiger Technik mit Titangehäusen ideal unterstützt. Mit der Übernahme der renommierten Firma Feinwerktechnik Kuchenbecker wurden kürzlich 20 Jahre Erfahrung mit CNC-Titanherstellung in SubCtech integriert.

Nach über zehn Jahren Entwicklung ist SubCtech inzwischen ein führender Hersteller von Unter-Wasser-Batteriesystemen. Hierbei wurden inzwischen mehrere Märkte erschlossen: kleinere Standardbatterien für meeresstechnische Anforderungen, große blockweise modular gebaute Batterien für Fahrzeuge und Batterien für Unter-Wasser-Produktionsstätten der Öl- und Gasindustrie. Neben den Batterien und deren interner Elektronik liefert SubCtech auch weitere Komponenten wie Lade- und Diagnosegeräte oder Wechselrichter, die je nach Bedarf auch in das Druckgehäuse integriert werden.

Die zuletzt ausgelieferten neuen Li-Ion-Fahrzeuggelbatterien mit einem Druckgehäuse aus Titan haben beeindruckende Daten: 480 mm im Durchmesser, 2 m in der Länge, ein Gewicht von 500 kg, eine Batteriespannung von 430 V und eine Dauerleistung von 38 kW (eine kleinere Batterie ist in

Abb. 1 zu sehen). Da die Batterien für bemannte Fahrzeuge verwendet werden, sind sie nach den Prinzipien der IEC 61508 für höchste Sicherheit entwickelt. Im Zuge dessen werden die Fahrzeugbatterien auch Vibrationstest nach MIL-STD unterzogen.

Die besonderen Anforderungen der Offshore-Öl- und -Gasindustrie haben die Entwicklung von extrem zuverlässigen und sicheren Batterien angestoßen. Ziel ist eine Qualifizierung für einen 25-jährigen oder sogar 30-jährigen Betrieb. Gemäß den Normen API 17F und ISO 13628-6 müssen Batterien schnelle Temperaturwechsel genauso überstehen wie umfangreiche Schock- und Vibrationstests. Für Einsätze in der Tiefsee sind solche Qualifizierungen unumgänglich, da ein erforderlicher Service oder ein Ausfall Kosten in Millionenhöhe verursachen würde.

Der Ansatz von Li-Ion-Rundzellen in Titangehäusen bietet viele Vorteile: So können runde Zellen den Bauraum von Druckbehältern optimal ausfüllen. Dabei bieten die vergleichsweise kleinen Zellen Flexibilität in der Anordnung der Zellen und können je nach Anwendung parallel und/oder in Reihe verschaltet werden. Dies ermöglicht größere Flexibilität in Leistung und Abmessung sowie höhere Energiedichten (kg/Wh) im Vergleich zu druckneutralen Batterien mit prismatischen Zellen oder sogenannten Pouch-Zellen. Die große Anzahl einzelner Rundzellen wird in einem eigens entwickelten Verfahren vibrationsfest verbunden und durch ein leistungsfähiges Batteriemanagementsystem (BMS) überwacht. Je nach Einsatzprofil der Batterie, können Rundzellen gleicher Bauform mit unterschiedlicher Zellchemie eingesetzt werden, um damit die Batterie auf hohe Spitzenlast, geringe Selbstentladung oder hohe Kapazität zu optimieren.

Druckneutrale Batterien kommen ohne Druck-

gehäuse aus, die Batterien oder Zellen sind dem Umgebungsdruck ausgesetzt und z. B. durch Öl-bäder oder Silikonvergüsse vor dem korrosiven und leitfähigen Meerwasser geschützt. Diese Technik ist prinzipbedingt nur bei prismatischen Li-Pol-Zellen bzw. bei Pouch-Zellen möglich, nicht aber bei Rundzellen. Die Notwendigkeit von Vergüssen, von mehreren Unter-Wasser-Steckern, einer Multiplexerbox und einem Tragegestell sind bei druckneutralen Batterien nachteilig in Bezug auf Kosten, Servicefreundlichkeit, Zuverlässigkeit und Energiedichte.

SubCtech ist in vielen Communitys speziell für Li-Ion-Technologien und Unter-Wasser-Anwendungen vertreten. Regelmäßige Treffen und die Zusammenarbeit mit führenden Instituten, Herstellern, Anwendern und Normungsgremien garantieren die neusten Informationen für Zuverlässigkeit, Sicherheit und Performance. So arbeitet SubCtech an der künftigen Revision 5 der API 17F zum Thema vollelektrische Produktionsstätten (»All Electric Systems«) mit.

Für den Anwender sind diese High-Level-Entwicklungen und der hohe Innovationsstand interessant, da diese Technologien auch bei den Standardbatterien verwendet werden. Standardbatterien (COTS: commercial off-the-shelf) werden in Serie kostengünstiger gefertigt. Aus diesem Grund sind hier auch die Möglichkeiten an Hochstrom oder hoher Kapazität (Energie) begrenzt. Typische Werte sind 14 V, 25 V und 50 V bis 10 A, als besondere Ausführung auch höhere Ströme bis 50 A, mit Gehäusen, die einem Wasserdruck in bis z. B. 6000 m Tiefe standhalten können. Die Batterien werden mit einer dichten Zellpackungsdichte gefertigt, weshalb ohne weitere interne mechanische Unterstützung auch Schock- und Vibrationszertifizierungen nicht angeboten werden.

Zu der immer vorhandenen Schutzschaltung gegen Überladen, Unterspannung, Überstrom, Übertemperatur und Kurzschluss wird bei Standardbatterien zusätzlich eine Control-Elektronik, das Batteriemanagementsystem (BMS), angeboten. Dieses optionale BMS gestattet über die grundlegenden Schutzfunktionen hinaus erweiterte Schutzfunktionen und ein Dateninterface wie RS232/485, CAN oder TCP.

Das BMS überwacht diverse Parameter und meldet diese an das übergeordnete System, z. B. an einen Fahrzeugrechner (AUV, ROV) oder Leit-rechner bei Unter-Wasser-Stationen. Wichtige Charakteristiken sind der Ladezustand (SOC: state of charge) und die Alterung der Batterie (SOH: state of health). Der SOH-Wert wird in Prozent in Bezug zur ursprünglich tatsächlich zur Verfügung stehenden Kapazität (bzw. Energie) angegeben. Ein Wert von 80 % bedeutet, dass 20 % über die Jahre durch Alterung nicht mehr zur Verfügung stehen. Dies ist auch die typische Grenze, um Li-Ion-Batterien zu ersetzen. Die Alterung der Zellen

wird neben der Anzahl der Ladezyklen maßgeblich durch die Betriebsbedingungen bestimmt. So beschleunigen Tiefentladungen, hohe Temperaturen und zu hohe Ströme beim Laden und Entladen die Alterung. Werden diese Faktoren bei der Auslegung der Batterie berücksichtigt und im Betrieb durch ein BMS sichergestellt, so ergeben sich Alterungsraten von ca. 1 bis 2 % pro Kalenderjahr und eine Lebensdauer von mehreren Tausend Ladezyklen.

Stehen nur noch 80 % der ursprünglichen Kapazität zur Verfügung (was einem SOH-Wert von 80 % entspricht), sollen die Batterien ersetzt werden. Grund ist eine Veränderung der Elektrodenstruktur, die zu einem Anwachsen der Elektroden-dicke führt. Dieses passiert aber nicht homogen, sondern in lokal begrenzten kleinen »Hügeln«, den sogenannten Dendriten. Berühren sich zwei Dendriten von zwei benachbarten Elektroden und durchstechen sie dabei den Separator, entsteht ein interner Kurzschluss mit der Gefahr des »Thermal Runaways«. Dabei steigt die Temperatur, der Innendruck erhöht sich, das Sicherheitsventil der Zelle öffnet sich, woraufhin ein giftiges und hochbrennbares Gasgemisch entweicht.



Abb. 1: Eine Batterie mit 190 V und 10 kWh, mit einer Ausgangsleistung von 10 kW und einem Titangehäuse für 6000 m

SubCtech sorgt dafür, dass die Li-Ion-Batterien nicht nur die höchste Energiedichte und Zuverlässigkeit haben, sondern auch sicher sind. Batteriebrände sollen sicher verhindert werden. Dazu wird ein mehrstufiges Sicherheitssystem eingesetzt, dezentral in jeder einzelnen Zelle, das in Schutzschaltungen auf Teilmodulebene und einem zentralen BMS besteht.

Die speziellen Industriezellen verfügen bereits über mehrere interne Sicherheitsmechanismen: ein Überdruckventil, eine Kurzschlussicherung, einen Stahlmantel statt einer Aluhülle – und bei den Hochenergiezellen einen speziellen Temperaturschutzmantel um die Elektroden. Auch wenn teilweise bereits No-Name-Zellen diese Eigenschaften haben, so bieten nur hochwertige Industriezellen die geforderten Ausfallwahrscheinlichkeiten von typischerweise 1 zu 10 Millionen, das heißt: bei einigen hundert oder auch tausend Zellen ist das Ausfallrisiko extrem gering.

Neben dem Verhindern ungünstiger Betriebszustände wie Tiefenladung, Überladung oder Über Temperatur ist auch ein Erkennen der langfristigen chemischen Alterung der Zellen wichtig, um das Ende der Lebenszeit der Zellen zu bestimmen. Zu diesem Zweck setzt SubCtech mit der »Prognostics and Health Management«-Technologie (PHM) als Teil des SmartBMS™ bereits seit 2015 eine vorausschauende Diagnosetechnik zur Bestimmung des SOH ein. Auf Basis von Impedanzmessungen wird der SOH-Wert der Batterie bestimmt, womit eine gefahrbringende Alterung rechtzeitig erkannt wird.

Spezifisch an die Anforderungen von Anwendung und Batterie konfiguriert, ermöglicht das SmartBMS™ mit seinen Algorithmen, die Probleme wie Überlastung oder eine falsche Betriebsart frühzeitig zu erkennen, sodass Gefahren gar nicht erst entstehen. Zusätzlich bietet dies Vorteile in

der Verfügbarkeit, da auch der Operator oder das übergeordnete System rechtzeitig über einen anstehenden Service informiert werden. So kann ein Service bereits Monate im Voraus geplant werden, ohne dass es zu einem Ausfall, zu Stillstand oder Beschädigungen kommt.

Da die genauen Anforderungen an die Batterie teilweise erst während der Pilotphase eines neuen Systems unter Wasser ermittelt werden können, verfügt das SmartBMS™ über die Möglichkeit, bei Überschreitungen von Limits zunächst nur Warnungen (warning flags) zu schicken, dann Fehlermeldungen (error flags) statt gleich weitere Maßnahmen zu ergreifen. Diese Limits können passwortgeschützt auch nachträglich und im Einsatz verändert werden, wenn bei ersten Tests einer neuen Anlage nicht die erwarteten Werte auftreten. Gründe können z. B. höhere Anlaufströme von Thrustern oder Pumpen unter Druck sein. Diese Parameter im Betrieb – ganz ohne Bergung und Service an Bord – zu justieren, ermöglicht eine einfache Erprobung bei deutlich verringerten Kosten.

Das Know-how der Spezialbatterien fließt auch in die Standardbatterien ein, die in Serie produziert werden. Bei diesen Batterien stehen Energiedichte und Kosten im Fokus, sodass hier auf die aufwendige mechanische Unterstützung der Rundzellen zugunsten einer höheren Packungsdichte verzichtet wird. Typische Werte sind Kapazitäten von 500 Wh bis 3,4 kWh bei Spannungen von 14 V, 25 V und 50 V und Strömen und Dichtigkeit bis zu 6000 m. Hierfür bietet SubCtech mit dem SmartCharger™ ein wasserdichtes Ladegerät an, das für den harten Bordeinsatz entwickelt wurde. Während des Ladevorgangs mit bis zu 750 W Leistung übernimmt es die Funktion eines BMS. Mit einer Versorgungsspannung von 100 bis 240 VAC können sie mit allen Netzen betrieben werden. Der Ladevorgang ist sehr benutzerfreundlich, die Batterie wird mit dem Ladegerät verbunden und die vollständige Ladung durch eine grüne LED angezeigt.

Für den Bordbetrieb ist wichtig: Die Batterie kann in jedem Ladezustand angeschlossen und wieder abgenommen werden. Damit lässt sich die Bordzeit optimal nutzen, während so viel Energie in die Batterie gebracht wird, wie in der Zeit möglich ist. Dann kann die Batterie auch mit geringerem Ladezustand wiedereingesetzt werden – wichtig für kurze Turnaround-Zeiten, z. B. bei ROV-Einsätzen, um Batterien nur verkürzt nachzuladen.

Für die großen Batterien mit integriertem SmartBMS™ stehen in 19"-Racks eingebaute PowerCharger™ im Angebot und leisten bis zu einigen 10 kW Ladeleistung bei Spannungen bis 600 V und darüber (Abb. 2). Der Ladevorgang wird dabei durch das SmartBMS™ gesteuert, dem alle Batteriedaten in Echtzeit zur Verfügung stehen. Somit kann immer mit der optimalen Leistung ge-

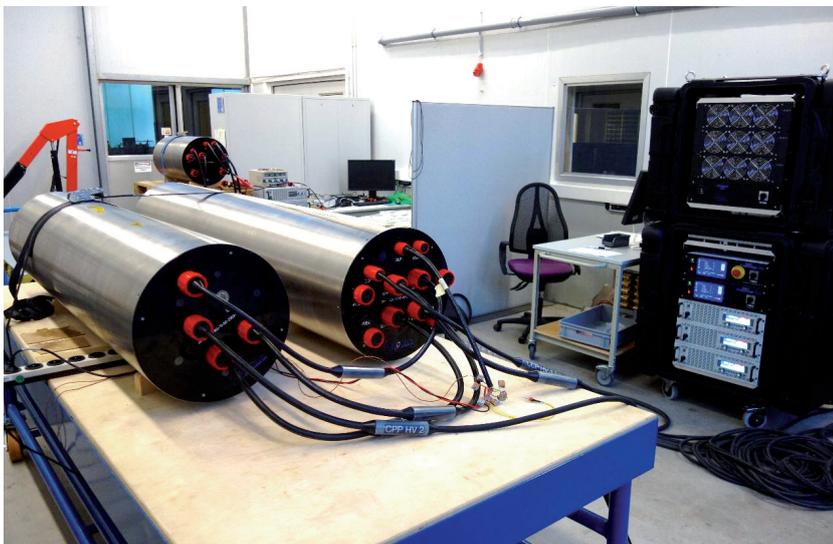


Abb. 2: Li-Ion-Fahrzeug- oder -Energiepuffer mit 430 V, 72 kWh und 38 kW Dauerleistung. Das 19"-Ladegerät liefert 3 × 10 kW für drei Batterien parallel. Oberhalb des Ladegeräts ist ein Entladegerät untergebracht

laden werden, sodass die Ladezeiten gegenüber dem bekannten CC/CV-Ladealgorithmus um bis zu 25 % kürzer sind. Auch werden die in der Praxis durch unterschiedliche Leitungslängen auftretenden Spannungsabfälle automatisch kompensiert, z. B. bei AUV-Umbilicals, Einflüssen von Steckern oder Winschen.

Für den Bordeinsatz ist die Bedienung der PowerCharger™ wieder möglichst einfach gehalten: Ein Button startet den Ladevorgang und stoppt diesen auch. Informationen zum Zustand der Batterie werden auf einem intuitiv zu bedienender Color-Touchscreen übersichtlich angezeigt. Damit ist auch die Bedienung der großen Fahrzeugbatterien sehr einfach, sicher und für den täglichen Bordeinsatz ideal geeignet. Alternativ können auch Ladegeräte in die Batterien integriert werden, sodass diese unter Wasser z. B. an Dockingstationen oder von einem ROV mit bis zu 9 kW geladen werden können.

Die Fahrzeugbatterien wurden in verschiedenen Formfaktoren entwickelt, um Leistung, Energie und Spannung optimal an die Anwendung anzupassen. Gemeinsam ist allen, dass die Batterien in Blöcke unterteilt sind (Abb. 3), die jeweils über ein BMS verfügen, die untereinander vernetzt sind. Die Blöcke haben Spannungen unter 60 V, wiegen unter 30 kg und erleichtern damit Service und Transport.

Fahrzeugbatterien werden optional redundant aufgebaut, sodass ein Fortfahren der teuren Mission oder ein sicheres Zurückkehren an die Oberfläche möglich wird. So können in der Batterie zwei »Power-Channels« enthalten sein, die jeweils 50 % der Kapazität ausmachen. Sollte eine Batterie ausfallen, kann der andere »Power-Channel« das System weiter mit 50 % der verbleibenden Kapazität betreiben.

Ein zentraler Controller (CIM: customer interface module) kann bis zu zwölf getrennte Batterien mit jeweils eigenem SmartBMS™ verwalten. Dabei hat das CIM eine Reihe von Aufgaben: Die Batteriemodule werden gemeinsam balanciert, die Daten werden prozessiert, wobei unter anderem ein gemeinsamer SOC und SOH bereitgestellt wird, und ein flexibles Dateninterface wird ermöglicht. Somit können serielle Daten (RS-232, NMEA-0183) über MODBUS RTU bis hin zu CAN und TCP flexibel genutzt werden. Damit verringern sich die NRE-Projektkosten für neue Systeme signifikant.

Solche Cluster von Batterien werden nicht nur aus Redundanzgründen eingesetzt, sondern auch zum Aufbau von größeren Unterwasserspeichern (ESM: energy storage module). Mit der neuesten 416er-Batterieserie lassen sich bis zu 1 MWh mit bis zu 600 V realisieren – auch in 6000 m Wassertiefe oder mehr.

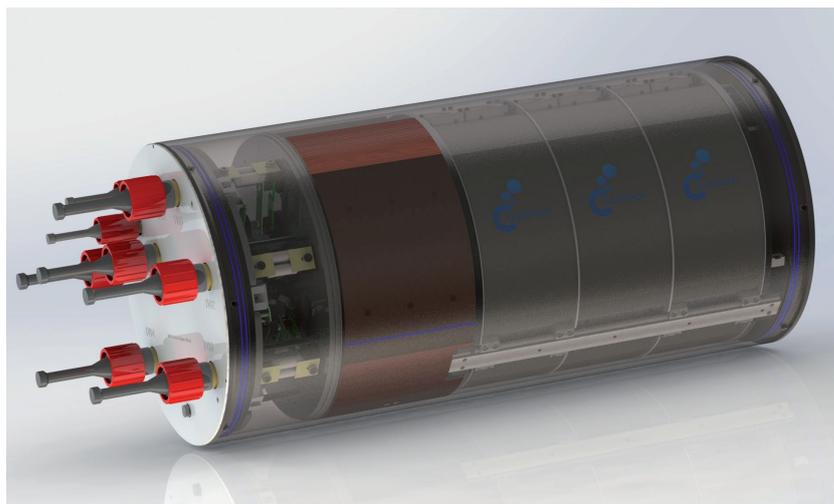


Abb. 3: Modular aufgebaute Li-Ion-Batterie mit eingebautem DC/DC-Konverter für konstante Ausgangsspannung und einem Energieverteiler zum Steuern einzelner Ausgänge

Eine Frage beim Umgang mit Li-Ion-Batterien ist häufig der Transport. SubCtech hat hierfür einen eigenen Gefahrgutexperten, und ist nach IATA, ADR, DGD und anderen Normen zertifiziert, Batterien selbst zu verpacken, die Transportunterlagen zu erstellen (»shippers declaration« und IMO) und Batterien auch zu transportieren. Für einen einfachen Transport liegen Zertifikationen nach UN T38.3 vor, die bereits für eine Reihe von Standardbatterien und auch für größere Batterien zur Verfügung stehen. Ohne die UN-T38.3-Zertifizierung hat SubCtech vom Luftfahrtbundesamt (LBA) die Zulassung für Lufttransporte gemäß IATA A88, was die hohe Qualität der Batterien dokumentiert. Für die USA liegt ebenfalls eine Zulassung für den Import über Luftfracht vom US D.O.T. vor. In anderen Ländern ist eine Importzulassung nicht notwendig.

Zusammengefasst: SubCtech konnte unterschiedliche Li-Ion-Batterien für unterschiedliche Tiefseeanwendungen wie Fahrzeuge (AUV, ROV), Sensorversorgungen (Standardbatterien) oder Speichersysteme (ESM) entwickeln. Höchste Zuverlässigkeit bei höchster Leistungsdichte und Sicherheit sind hier entscheidend, da Ausfälle nicht tolerierbare Folgekosten und auch Verlust von Informationen bedeuten. Mit einem langen Track Record konnte SubCtech nachweisen, dass diese Anforderungen mit Li-Ion-Rundzellen und der dazu gehörenden SmartBMS™-Technologie erfüllbar sind. SubCtech berät dabei in allen Projektphasen und ermöglicht frühzeitig eine ideale Auslegung bzw. ein Systemdesign. Lieferung und Transport über Luft, See und Straße werden unterstützt, und Installationsupport mit Schulungen für komplexe Systeme werden weltweit angeboten.

Mit anderen Worten: Wir können eine Steckdose unter Wasser anbieten. //

»Telepräsenz ist genial«

Ein Wissenschaftsgespräch mit GERHARD BOHRMANN

Gerhard Bohrmann ist Professor für Marine Geologie an der Universität Bremen und arbeitet am MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften. Im Interview stellt uns der Wissenschaftler, der vornehmlich zu Methanhydraten forscht, seine Entdeckungen in der Tiefsee vor: Begeistert spricht er über kalte Quellen, Schlamm- und Asphaltvulkane. Und er outet sich als Fan der Telepräsenz, die es ermöglicht, andere auf einen Tauchgang mitzunehmen.

Schlammvulkane | kalte Quellen | chemosynthetisches Leben | Mikrobathymetrie | Methangas
mud volcanoes | cold seeps | chemosynthetic life | micro bathymetry | methane gas

Gerhard Bohrmann is Professor of Marine Geology at the University of Bremen and is working at MARUM – Center for Marine Environmental Sciences. In the interview, the scientist, who mainly investigates methane hydrates, presents his discoveries in the deep sea: He talks enthusiastically about cold seeps, mud and asphalt volcanoes. And he reveals himself to be a fan of telepresence, which makes it possible to take others on a dive.

Interviewer

Das Interview mit Gerhard Bohrmann führten Lars Schiller und Holger Klindt am 27. August in Bremen.

Textbearbeitung: Lars Schiller

Herr Bohrmann, wir können heute mit Ihnen sprechen, weil Sie überlebt haben. Anfang des Jahrtausends besiedelten unbekannte Würmer den Kontinentalhang. Beim Versuch, die Würmer abzusaugen, verklemmte sich der Saugrüssel im Untergrund. Mit einem Kollegen tauchten Sie in einem Hightech-Tauchanzug in die Tiefe, um den Schlauch freizusprennen. Das ist Ihnen auch gelungen, doch plötzlich tauchten Hammerhaie auf. In letzter Sekunde konnten Sie sich in eine Felsspalte retten, hinter der sich eine Höhle auftat. Wie fühlte es sich für Sie an, sich selbst als Protagonisten des Romans *Der Schwarm* zu erleben?

Als ich das Buch das erste Mal gelesen habe, war das für mich sehr aufregend. Die Szene, in der ich in der Felsspalte hängengeblieben bin, zieht sich ja über viele Seiten, und das Ende der Szene bleibt zunächst offen. Erst am Schluss des Science-Fiction-Romans gibt es die Auflösung, als es den Wissenschaftlern, die zusammen mit dem Militär auf einem großen Flugzeugträger agieren, gelingt, die Tiefseeintelligenz davon zu überzeugen, den Kampf gegen die Menschheit einzustellen. Der Befehl ging unmittelbar an die Tierwelt der Ozeane, und auch die Hammerhaie folgten dem Kommando. Das war meine Rettung in dem Roman. Ich weiß nicht, wie lange ich als Romanfigur dort in der Felsspalte hing, aber irgendwie habe ich überlebt – das war dann schon auch ganz angenehm für mich als Realperson. Und natürlich schmeichelt es einem, eine Rolle in einem Buch zu haben, noch dazu in einem Bestseller. Während der Lektüre achtete ich aber nicht nur auf die nach mir benannte Figur, sondern ich hatte vorwiegend die Befürchtung, dass in dem Buch ein Sachverhalt falsch dargestellt sein könnte.

Sie meinen die realen naturwissenschaftlichen Zusammenhänge?

Ganz genau. Ich hatte mich mit Frank Schätzing zwei Tage lang intensiv ausgetauscht und danach noch ein paar E-Mails mit ihm gewechselt. Aber ich wusste nicht, was in dem Buch steht, ich hatte nie eine Passage vorab zu lesen bekommen. Immerhin hat mich Frank Schätzing gefragt, ob ich was dagegen hätte, in seinem Buch aufzutauchen. Ich antwortete, solange ich einen Wissenschaftler verkörpere, sei das okay. Daraufhin versprach er mir, dass ich den Text zu gegebener Zeit noch einmal checken könne. Doch das Manuskript habe ich nie gesehen. Von der bevorstehenden Veröffentlichung des Buchs erfuhr ich, als mich eine NDR-Journalistin anrief. Sie wollte ein Interview mit mir über das Buch machen. Da habe ich einen Schreck bekommen. Von der Journalistin bekam ich dann das Buch, noch bevor es in den Handel kam.

Haben Sie sich in dem Buch wiedererkannt?

Die meisten Sätze über mich stimmen, so glaube ich. Frank hat sehr genau beobachtet. Ich bin ganz gut getroffen.

Hilft ein Buch wie *Der Schwarm*, anderen die Meeresforschung näherzubringen?

Absolut. Es ist klar, dass es kein Sachbuch ist, sondern ein Science-Fiction-Roman, in dem aber viele Motive der modernen Meeresforschung enthalten sind. Im Buch wird zum Beispiel ein Tsunami geschildert. Es gibt Leute, die berichten, sie hätten sich beim Tsunami in Indonesien vor der verheerenden Welle retten können, weil sie aus dem Buch wussten, wie ein Tsunami funktioniert. Auch das Thema Gashydrate ist durch das Buch bekannt geworden, und so gibt es zahlreiche Beispiele.

Sie haben verschiedene Veranstaltungen über das Buch gemacht.

Über Jahre hinweg habe ich Vorträge über Science und Fiction im *Schwarm* gehalten. Die waren immer richtig gut besucht. Für viele Leute ist es nicht einfach, zwischen Wissenschaft und Fiktion zu trennen, und das Bedürfnis, Aktuelles aus der Meeresforschung zu erfahren, ist sehr groß. Es gab auch Veranstaltungen gemeinsam mit Frank Schätzing, bei denen hat er Passagen vorgelesen und ich habe die darin geschilderten wissenschaftlichen Zusammenhänge erläutert.

Müssen wir mehr Geschichten erzählen, um die Öffentlichkeit zu erreichen?

Als Wissenschaftler müssen wir generell eine geeignete Sprache finden, um in der Öffentlichkeit besser gehört zu werden. Es gibt tolle Beispiele, zum Beispiel den Communicator-Preis der DFG. Die Wissenschaftler, die viele Zuhörer anziehen, bringen Geschichten, die machen es richtig spannend. Wissenschaft ist nicht trocken, sie ist spannend, und da sollte es auch kein Problem sein, sie spannend zu präsentieren. Es gibt ja entsprechende Stilmittel, man muss sich nur ein bisschen damit beschäftigen.

Mit welchen Formaten erreicht man heute die Jugend, Ihre potenziellen Studierenden?

Wir arbeiten mit Schulen zusammen und versuchen dort, die Naturwissenschaften zu thematisieren. Ob wir die Schülerinnen und Schüler durch solche Aktionen für ein Studium der Naturwissenschaften motivieren, weiß ich nicht. Das muss aber

in unserem Fall auch gar nicht sein, wir haben in den Geowissenschaften genug Studierende. Die Welt braucht nicht so viele Geologen. Wenn wir zu viele Absolventen haben, finden nicht alle eine entsprechende Arbeit. Aber natürlich wollen wir intelligente Jugendliche für die Wissenschaft gewinnen.

Um Neues am Ozeanboden und in der Wassersäule zu entdecken, nutzen Sie hydrographische Messmethoden. Gehört Hydroakustik eigentlich zu den Lehrinhalten in Bremen?

In der Meeresgeologie bekommen die Studierenden Kontakt zur Hydroakustik. Wir machen auch eine Ausfahrt auf FS *Alkor*, bei der wir die Hydroakustik einsetzen, um ihnen die wissenschaftliche Anwendung aufzuzeigen. Ein paar wenige Studierende entscheiden sich für ein Projekt in der Hydroakustik, das sie dann für ihre Bachelor- oder Masterarbeit verwenden können. Meistens kommen solche Studierende dann auch bei uns auf einer Ausfahrt mit. Das ist immer ein großer Wunsch, da stehen regelmäßig mindestens zehn Studierende, die mitfahren wollen.

Was ist denn so verlockend an der Arbeit auf einem Forschungsschiff?

Mit den Forschungsschiffen suchen wir Regionen auf, wo wir noch Entdeckungen machen können. So eine Reise in die Tiefsee hat fast immer einen explorativen Charakter. An Land ist das ja ein bisschen verloren gegangen. Die Entdeckungen



Prof. Gerhard Bohrmann

reizen mich am meisten. Natürlich gehen wir auf einer Fahrt immer einer wissenschaftlichen Fragestellung nach, aber nebenbei versuchen wir halt auch, Neues zu entdecken und Ideen für weitere Forschungsexpeditionen zu entwickeln. Wir sind relativ erfolgreich damit; meine Arbeitsgruppe führt in der Regel ein bis zwei Expeditionen im Jahr durch. Es ist ein Glück, dass wir in Deutschland so fantastische Möglichkeiten haben. Mit den vier großen Forschungsschiffen können wir nahezu weltweit den Meeresboden untersuchen.

Andere Länder sind da schlechter aufgestellt?

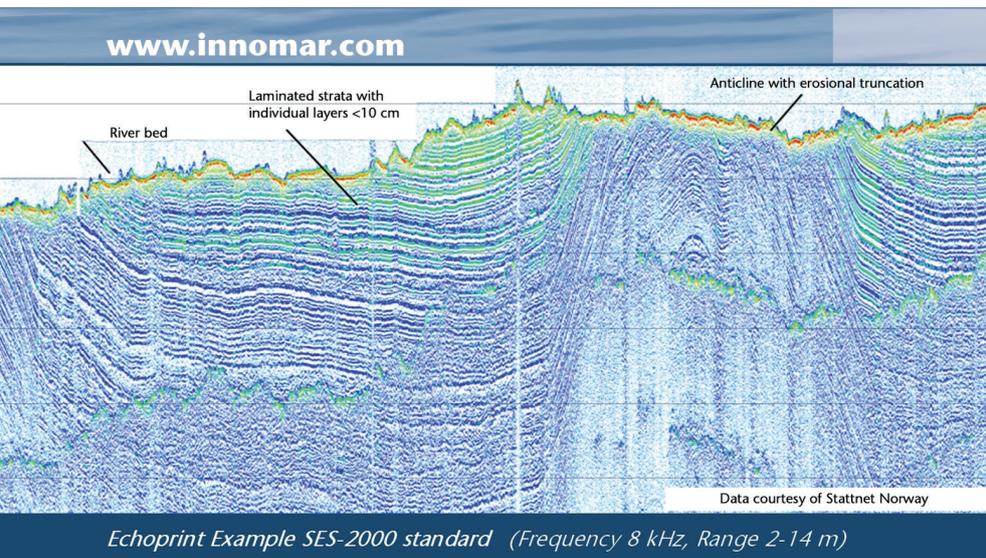
Es gibt Länder, die zwar ein Forschungsschiff haben, damit aber nur in ihrer eigenen Ausschließlichen Wirtschaftszone forschen. Seefahrernationen wie England und Frankreich sind zwar ähnlich gut ausgestattet; die Arbeiten der Franzosen aber zum Beispiel sind oft auf die ehemaligen Kolonien oder auf bestimmte Regionen von wirtschaftlichem Interesse beschränkt. Wir hingegen können Untersuchungen weltweit durchführen, weil die Geldgeber in Deutschland erkannt haben, wie wichtig der globale Ozean ist. Da gibt es keine Grenzen, was die Erforschung betrifft. Dass die Politik das unterstützt, ist, glaube ich, schon einmalig.

Wie beantragt man eigentlich eine Expedition auf einem Schiff?

Die Wissenschaftler sind vollkommen frei, sie können jedes Thema, das wissenschaftlich interessant ist, beantragen, indem sie einen ausführlichen Forschungsantrag vorlegen. Natürlich gibt es Kriegsgebiete, wo man nicht hinfahren darf, aber im Prinzip sind wir nicht eingeschränkt. Der Antrag wird rein wissenschaftlich begutachtet. Es dauert aber manchmal sehr lange, bis man die Reisen bekommt. Letztes Jahr konnte ich endlich mit FS *Polarstern* in der Antarktis Untersuchungen durchführen; darauf hatten wir zehn Jahre gewartet.

Das entscheidet dann eine Kommission?

Für *Polarstern* gab es einen Nutzerbeirat, letztendlich entscheidet aber das AWI über die Reisen. Bis vor Kurzem gab es für andere Forschungsschiffe die Senatskommission bei der DFG. Die hat nicht nur über die Expeditionsanträge entschieden, sondern hat aufgrund ihrer Expertise die Meeresforschung gefördert, sodass die deutsche Meeresforschung weltweit ein sehr hohes wissenschaftliches Ansehen genießt. Auch technische Vorschläge für Ausstattung und Verbesserungen der Forschungsflotte wurden von der Kommission vorangetrieben. Das BMBF hat in der Vergangen-



SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 200 m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems



heit die Vorschläge der Kommission meist unterstützt. Doch gerade gab es eine große Umstrukturierung. Die Senatskommission ist aufgelöst worden, leider. Nun versucht man in Berlin, die DAM zu etablieren, die Deutsche Allianz Meeresforschung. Dabei sind neben dem BMBF auch die fünf norddeutschen Bundesländer die Hauptakteure. Die Begutachtung von wissenschaftlichen Fahrtvorschlägen hingegen hat man jetzt an das GPF gegeben, das Gutachterpanel Forschungsschiffe, das in Bonn angesiedelt ist und von der DFG und dem BMBF organisiert wird.

Was sind die Aufgaben eines Fahrtleiters?

Der Fahrtleiter oder die Fahrtleiterin ist verantwortlich für das wissenschaftliche Programm; sie oder er hat ja meistens auch den Antrag für die Expedition geschrieben. An Bord organisiere ich als Fahrtleiter die Stationsplanung. Meine allerwichtigste Aufgabe ist es, die Kommunikation zwischen den verschiedenen Wissenschaftlern und dem Schiff, dem Kapitän und der Reederei, zu bewerkstelligen. Das transparent zu gestalten ist gar nicht so trivial. Ich persönlich veranstalte immer mittags nach dem Kaffee ein Meeting von etwa einer halben Stunde mit allen Wissenschaftlern und Technikern an Bord, um eine kontinuierliche Kommunikation zu praktizieren. Da berichten wir, was gelaufen ist, und beratschlagen, was wir in den nächsten zwei, drei Tagen machen wollen. Die Programme und Stationen für die nächsten Tage muss man dann bekannt geben, über das Intranet oder über Aushänge. Außerdem muss sich der Fahrtleiter auch dafür interessieren, was bei den einzelnen Stationen herauskommt, weil die Ergebnisse oft das Programm der folgenden Tage bestimmen. Diese Koordinationsaufgabe als Fahrtleiter macht tierisch Spaß, weil gerade an Bord die Zusammenarbeit sehr intensiv ist. Die Wissenschaftler sind an Bord sehr präsent und werden weniger abgelenkt. Während ihres Institutsalltags an Land ist dies anders. Auf dem Schiff sind alle zusammen, diskutieren miteinander und treiben die Wissenschaft im Team voran. Das ist sehr produktives und spannendes Arbeiten.

Hat sich die Arbeit auf dem Schiff geändert, seitdem es durchaus auch Ablenkung von außen geben kann?

Die Arbeit hat sich geändert, aber sehr zum Positiven. Eben weil es heutzutage eine Verbindung nach draußen gibt, ist nicht nur jegliche Information leichter zugänglich, sondern wir können auch mal ein Software-Update runterladen. Vor allen Dingen aber können wir heute bei Tauchgängen Telepräsenz nutzen. Ein Beispiel: Bei der letzten *Polarstern*-Expedition hatten wir eine 5-Megabit-Leitung, sodass wir die Tauchgänge direkt übertragen konnten. Im Labor in Bremen begleiteten uns weitere Wissenschaftler, die mit einer Verzögerung von nur einer halben Sekunde mit uns in die Tiefe getaucht sind. Die Kollegen hatten über

einen Audiokanal direkten Sprachkontakt mit uns an Bord und konnten mit uns Details der wissenschaftlichen Arbeiten während des Tauchens diskutieren. Durch Telepräsenz können viel mehr Interessierte an so einem Tauchgang teilnehmen, und wir können mehr Expertise einbinden. Ein anderes Beispiel: Kürzlich mussten Messgeräte auf dem Hydratrücken vor Oregon ausgetauscht werden. Doch wegen der Corona-Pandemie durften unsere Wissenschaftler nicht in die USA reisen, um an der Schiffsexpedition teilzunehmen. Sie konnten aber dank der Telepräsenz die Roboterarbeiten am Meeresboden begleiten, die von den amerikanischen Kollegen für uns durchgeführt wurden. Über einen Chat konnten sie konkrete Anweisungen geben.

»In Deutschland hat man erkannt, wie wichtig der globale Ozean ist. Da gibt es keine Grenzen, was die Erforschung betrifft«

Prof. Gerhard Bohrmann

Wird Telepräsenz die Wissenschaft verändern?

Telepräsenz ist genial, sie bietet ganz neue Möglichkeiten. Beispielsweise konnten wir an einem Workshop in Berlin teilnehmen, obwohl wir auf *Polarstern* waren. Und umgekehrt waren die Teilnehmer in Berlin live bei unserem Tauchgang dabei. An einem anderen Tag haben wir uns mit der Hamburger Stadtteilschule Wilhelmsburg verbunden. Die Schülerinnen und Schüler haben unsere gesamte *Polarstern*-Reise verfolgt. Sie haben den Wissenschaftlern an Bord schriftlich Fragen gestellt, die wir dann beantwortet haben. An besagtem Tag hat die Lehrerin alle in der Aula versammelt, und wir haben mit ihnen einen Tauchgang auf *Polarstern* in der Antarktis gemacht. Die Lehrerin sagte später, so aufgeregt und gleichzeitig konzentriert habe sie die Kinder in so großer Zahl noch nie erlebt. Im anschließenden Chat mit dem Kapitän waren die Schüler völlig begeistert. Sie fragten vorhin, wie man die Jugendlichen ansprechen könnte – mit solchen Formaten kann man sie definitiv erreichen.

Wie schauen Sie als Meeresgeologe auf die Hydrographie?

Nur weil es die Hydrographie gibt, können wir unsere Wissenschaft überhaupt richtig betreiben. Wir interessieren uns immer zuerst für die Meerestopographie, denn erst wenn wir die Morphologie kennen, die Struktur erkennen, können wir eine Strategie für die Probennahme entwickeln. Sonst würden wir die Proben blind nehmen, doch das haben die Meeresforscher Jahrhunderte so gemacht. Die Hydrographie ist für uns eine Voraussetzung. Ohne moderne hydroakustische Systeme gehen wir nicht an Bord.

Würden Sie die Hydrographie als Hilfswissenschaft bezeichnen?

Viele betrachten sie sicherlich als Hilfe. Für uns ist sie Teil unserer Wissenschaft, weil wir die Morpho-

logie des Meeresbodens zur wissenschaftlichen Interpretation nutzen.

Sie nutzen die Methoden der Hydrographie. Haben Sie auch Wünsche an die Hydrographie, an die Industrie?

Das beste Beispiel ist wohl die Geschichte mit der Wassersäule. Die Darstellung der Wassersäule haben wir immer wieder gefordert. Wir wollten Gashydrate finden, dazu mussten wir die Gasaustritte in der Wassersäule sehen. Unsere russischen Kollegen haben uns im Jahr 2000 vorgeführt, wie das funk-

»Nur weil es die Hydrographie gibt, können wir unsere Wissenschaft überhaupt richtig betreiben. Ohne moderne hydroakustische Systeme gehen wir nicht an Bord«

Prof. Gerhard Bohrmann

tioniert, nur die akustischen Systeme auf unseren Schiffen waren dazu nicht in der Lage. Nachdem der Wunsch aus der Wissenschaft kam, auch die Signale der Wassersäule aufzeichnen zu können, wurde an der Umsetzung von den Firmen gearbeitet. Heute können wir die Gasblasenaustritte auf jedem der großen Schiffe detektieren.

In einem Projekt untersuchen Sie mit einem stationären rotierenden Sonar, wie viel Methangas am Meeresboden freigesetzt wird.

Dieses Projekt vor Oregon wurde gerade um drei Jahre verlängert. Am Anfang hatten wir technische Probleme gehabt. Das Übersichtssonar rotiert alle zwei Stunden für 20 Minuten; dabei misst es die Gasemissionen im Umkreis von 250 Metern. Das muss genau getimt sein, denn es sind ADCPs, die nach oben schallen, und es gibt noch andere Geräte, die währenddessen ausgeschaltet sein müssen. Bis das alles synchronisiert war, hat es ein bisschen gedauert. Kaum hatten wir das im Griff, war durch das Rotieren ein Kabelbruch entstanden; die einzelnen Adern waren für die Drehbewegung nicht geeignet. Kabel, die solche Bewegungen aushalten, gibt es nicht für die Tiefsee. Unsere Mitarbeiter haben dann ein Kabel genommen, das an Land mit solchen Drehbewegungen klarkommt, und haben das Kabel in einen Schlauch gesteckt und diesen mit Öl gefüllt. Doch schon in den Monaten, in denen das System Daten geliefert hat, haben wir klar die Gezeitensignale gesehen. Wir wussten schon vorher, dass es zu bestimmten Gezeiten zu Gasaustritten kommt. Bereits kleine Druckänderungen am Meeresboden bewirken, dass das Gas im Meeresboden verbleibt oder eben aus ihm austritt. Nun wollen wir dort Reservoireffekte untersuchen. Wenn einmal viel Gas ausgetreten ist, muss sich das Reservoir erst wieder füllen, bevor erneut Gas austritt. Man vermutet, dass bei Erdbeben, wenn der ganze Meeresboden durchgerüttelt wird, sehr viel Gas austritt. So ein Ereignis möchten wir gern mal dokumentieren. Das geht nur mit einem System, das kontinuierlich misst.

Sie sagen, es hänge vom Druck ab, ob Gas austritt. Wird das Gas unter höherem Druck aus dem Bo-

den gequetscht, oder wird der Boden dann eher abgedichtet?

Bei Ebbe kommt das Gas heraus, also wenn geringerer Wasserdruck existiert. Sobald der Druck größer ist, wird der Aufstieg von Gas im Sediment verhindert. Diese Gezeitenveränderungen gibt es überall. Wir beobachten das auch bei Hydrothermalquellen, deren Aktivität sich im Gezeitenrhythmus ändert. Wir müssen die Gezeitenveränderungen mehr ins Bewusstsein rufen; die meisten denken ja, Gezeiten gäbe es nur an den Küsten, wo man den Tidenhub sehen kann. Gezeiten gibt es aber auch mitten im Ozean.

Wie hoch fällt die Gezeit denn dort aus?

Im Pazifik vor Oregon haben wir drei Meter. Diese drei Meter werden in Gänze bis zum Meeresboden übertragen.

Der globale Meeresspiegelanstieg wird den Methanaustritt also eher behindern.

So ist es. Man kann an vielen Stellen belegen, dass in den Glazialzeiten, als der Meeresspiegel niedriger war, sehr viel mehr Methan ausgetreten ist.

Was sollte jeder über Methanhydrat wissen?

Methanhydrate kommen in großen Mengen vorwiegend im Ozean und auch im Permafrost vor. In einem Kubikmeter Gashydrat stecken bis zu 168 Kubikmeter Methan. Methanhydrat ist also eine sehr kompakte Form von Methan. Wahrscheinlich spielt der Methankreislauf über die geologische Zeit eine große Rolle im Klimageschehen. Da Methan ein Treibhausgas ist, müssen wir das im Auge behalten.

Und was untersuchen Sie?

Wir wollen die Dynamik von Methanhydrat verstehen. Wir wollen herausfinden, wie stabil beziehungsweise instabil es ist und welche klimatischen Änderungen dazu führen, dass es freigesetzt wird oder eben gebunden bleibt. Es gibt noch viele andere Aspekte, zum Beispiel die Stabilität von Kontinentalhängen oder chemosynthetisches Leben, das von Gashydraten abhängig ist.

Leben in der Finsternis.

Ein recht ursprüngliches Leben, das wir kaum kennen. Auf der Erdoberfläche funktioniert ja die Lebenswelt über die Fotosynthese. Aber im tiefen Ozean gibt es kein Licht, da muss man chemische Energie nehmen. Eben zum Beispiel Methan. Die meisten Leute denken, dass chemosynthetisches Leben nur an Hydrothermalquellen vorkommt. Aber wir wissen, dass die Organismen dieser Lebensformen auch an vielen anderen Stellen existieren, zum Beispiel an kalten Quellen, an denen Gas austritt, das dann die Grundlage für das chemosynthetische Leben liefert.

Was genau sind denn kalte Quellen?

Das sind Lokationen am Meeresboden, wo Fluide austreten, also Flüssigkeiten, die gelöste Substanzen enthalten. Wir Geologen unterscheiden zwischen Flüssigkeiten und Gasen.

Wo liegt der Unterschied zu Hydrothermalquellen?

An Hydrothermalquellen haben wir höhere Temperaturen. Wenn die Temperaturen niedrig sind und nur Methan austritt, sprechen wir von kalten Quellen.

Was sind Schlammvulkane?

Das sind Strukturen am Meeresboden, wo nicht nur Methan rauskommt, sondern auch Schlamm. Dort findet ein besonders aktiver Austausch mit der Wassersäule statt. Nur Hydrothermalquellen und magmatische Vulkane sind ähnlich aktiv. Wir können übrigens viele Phänomene eines magmatischen Vulkans auch bei Schlammvulkanen beobachten. Es gibt etwa 1100 Schlammvulkane auf der Erde an Land. Wie viele es im Ozean sind, wissen wir nicht. Allein im östlichen Mittelmeer kennen wir allerdings schon über 500 Schlammvulkane.

Wie groß ist denn so ein Schlammvulkan?

Der kann einen Durchmesser von 20 Metern haben, der kann aber auch mal 2000 Meter und mehr messen.

Wie findet man Schlammvulkane?

Die findet man nur, indem man sie kartiert, am besten über Backscatter-Analysen vom Meeresboden. Schlammvulkane fördern nicht nur Schlamm aus der Tiefe, sondern da kommen auch Gesteinsbrocken mit, die dem Boden eine Rauigkeit geben.

Man sieht diese Krater also oftmals sehr schön. Am besten setzt man Side-Scan-Sonare ein. Aber auch mit einem hochauflösenden Multibeam kann man die Schlammvulkane schon relativ gut vom Schiff aus detektieren.

Und was sind Asphaltvulkane?

Das sind Öl-Seeps. Wir haben den Namen 2004 in einem *Science*-Paper kreiert, nachdem wir im Golf von Mexiko Asphaltflächen am Meeresboden gesehen hatten. Damals hatten wir nur einen Videoschlitten dabei. Was wir gesehen haben, sah aus wie Lava. Und weil wir eine Kraterstruktur erkannt haben und auch Rutschungen an den Kratern zu sehen waren, haben wir den Begriff Asphaltvulkanismus geprägt. Damals haben wir gedacht, dass der Asphalt ausgetreten ist, weil er höhere Temperaturen bei seinem Austritt hatte. Außerdem dachten wir, dass die vorhandenen Gashydrate durch die hohe Temperatur des Asphalts zersetzt werden und es dadurch zu diesen Rutschungskörpern an den Flanken der Strukturen kommt. So haben wir das damals beschrieben. Heute wissen wir es besser. Da läuft schweres Öl aus, das dann langsam verwittert. Den Ausdruck Asphaltvulkan haben wir beibehalten – man könnte auch Asphalt-Seep dazu sagen –, aber das Wort ist über-



OBTAIN COMPREHENSIVE HYDROGRAPHIC DATA IN DEEP WATER AND COASTAL REGIONS

We draw on our vast experience and extensive resources, including a fleet of dedicated survey vessels and airborne systems, to deliver a high-quality service that meets your data objectives.

To find out more visit
fugro.com

Bisher erschienen:

Horst Hecht (HN 82),
 Holger Klindt (HN 83),
 Joachim Behrens (HN 84),
 Bernd Jeuken (HN 85),
 Hans Werner Schenke (HN 86),
 Wilhelm Weinrebe (HN 87),
 William Heaps (HN 88),
 Christian Maushake (HN 89),
 Monika Breuch-Moritz (HN 90),
 Dietmar Grünreich (HN 91),
 Peter Gimpel (HN 92),
 Jörg Schimmler (HN 93),
 Delf Egge (HN 94),
 Gunther Braun (HN 95),
 Siegfried Fahrentholz (HN 96),
 Gunther Braun, Delf Egge, Ingo Harre, Horst Hecht, Wolfram Kirchner und Hans-Friedrich Neumann (HN 97),
 Werner und Andres Nicola (HN 98),
 Sören Themann (HN 99),
 Peter Ehlers (HN 100),
 Rob van Ree (HN 101),
 DHyG-Beirat (HN 102),
 Walter Offenborn (HN 103),
 Jens Schneider von Deimling (HN 104),
 Mathias Jonas (HN 105),
 Jürgen Peregovits (HN 106),
 Thomas Dehling (HN 107),
 Egbert Schwarz (HN 108),
 Ingo Hennings (HN 109),
 Harald Sternberg (HN 110),
 Uwe Jenisch (HN 111),
 Petra Mahnke (HN 112),
 Holger Rahlf (HN 113),
 Boris Schulze (HN 114),
 Jacobus Hofstede (HN 115),
 Gottfried Mandlbürger (HN 116)

nommen worden, nachdem man solche Strukturen auch in Nigeria und vor Brasilien gefunden hat. Interessant ist auch hier wieder der Bewuchs durch chemosynthetische Organismen. Das ist uns natürlich seltsam vorgekommen, weil Asphalt inert ist. Auf der Straße wachsen ja auch keine Blumen. Es gab dann ziemlich viele Theorien. Letztendlich ist der Asphalt porös und die Poren sind mit Gashydrat gefüllt. Also auch hier wieder: Gashydrat ist die Substanz für die Existenz dieser chemosynthetischen Organismen. Gashydrat spielt eine enorme Rolle in der Meeresgeologie.

Finden Sie es ganz normal, feststellen zu müssen, dass Sie sich zuvor geirrt haben – so wie bei der ersten Beschreibung der Asphaltvulkane?

Wir wissen ja nicht immer alles zu jeder Zeit genau zu interpretieren und publizieren manchmal auch Hypothesen. Auch Halbwissen wird publiziert, weil wir im gegenwärtigen Wissenschaftssystem auf Publikationen angewiesen sind. Manchmal hat man fünf Jahre später eben weitere Ergebnisse, die etwas andere Schlussfolgerungen zulassen. Grundsätzlich müssen wir schon vorsichtig sein mit unseren Interpretationen. Da ist es dann auch angeraten, die Diskussion offen zu führen. Aber das ist typisch für die Wissenschaft, der Stand der Erkenntnisse ändert sich mit der Zeit. Das merken wir ja jetzt gerade auch in der Corona-Krise, wo wir immer mehr dazulernen.

Gibt es Dinge, die Sie nicht guten Gewissens publizieren oder bei denen Sie gar von einer Publikation absehen?

Nein, wir sollten alle Erkenntnisse publizieren, die wir durch unsere Forschungen gewinnen. Das wäre sonst auch unfair, wir werden ja von Steuergebern finanziert.

Als Hydrographen sprechen wir von Bathymetrie, meinen damit die Tiefenmessung an sich oder aber das dargestellte Ergebnis der Tiefenmessung. Sie sprechen in Ihren Publikationen oft von Mikrobathymetrien. Was ist das?

Für uns ist die Bathymetrie die Topographie des Meeresbodens, die wir mit Fächerecholoten vermessen. Wenn wir den Meeresboden mit einem AUV hochauflösend vermessen, sprechen wir von Mikrobathymetrie. Dort haben wir eine Dezimeterauflösung. Sonst liegt die Auflösung ja immer nur im Zehn-Meter-Bereich. Ich weiß nicht, ob der Begriff wirklich richtig ist.

Wenn Sie das so definieren, ist das schon richtig. Makrobathymetrie wäre aber auch keine schlechte Bezeichnung, in Anlehnung an die Makrofotografie, bei der man ja auch näher ans Motiv geht, um es größer darzustellen. Aber kommen wir zur nächsten Frage: Wie stehen Sie zum Tiefseebergbau?

Ich bin nicht prinzipiell dagegen, aber ich bin schon der Meinung, dass man da sehr vorsichtig sein muss. In Deutschland wird zum Glück sehr viel über die Umweltverträglichkeit geforscht, das

muss auch an allererster Stelle stehen. Wenn es ein Risiko gibt, darf nicht gedankenlos abgebaut werden. In Hinblick auf die Metalle, die an Land nur schwierig zu gewinnen sind, ist Tiefseebergbau wohl wichtig. Manganknollen werden eine Rolle spielen, Hydrothermalfelder vielleicht auch.

Wie wirkt sich Corona auf Ihre Forschung aus?

Die deutschen Schiffe sind alle nach Deutschland gekommen. FS *Sonne* hat den Pazifik und den Indik verlassen, das passiert normalerweise selten. Die alte *Sonne* war 17 Jahre im Pazifik, bevor sie mal wieder nach Deutschland gekommen ist. Die Schiffe dürfen zurzeit nur von Deutschland aus eingesetzt werden, keine fremden Häfen anlaufen. Das heißt, man hat längere Transitzeiten, und es kann nur in der Umgebung geforscht werden, maximal Mittelmeer. Das sind schon sehr starke Einschränkungen. Bis März nächsten Jahres wird keine Reise so stattfinden, wie sie geplant war. Die Fahrpläne der Schiffe wurden alle umgeändert. Bei uns fällt bestimmt die Hälfte der Reisen weg, sie werden aber zum Teil durch neue ersetzt.

Sie gehen also bald wieder an Bord?

Ja, wir fahren mit der *Sonne* ins Mittelmeer. Doch bevor wir an Bord gehen, müssen wir vier Tage zur Quarantäne in ein Hotel, wo wir auf Corona getestet werden. Für die Schiffe wurden PCR-Geräte angeschafft, damit auch während der Fahrt Corona-Tests durchgeführt werden können. Das ist eine gute Investition in die Zukunft. Auf dem Schiff dürfen wir nur Einzelkammern belegen; das ist auch ein großer Einschnitt. FS *Meteor* hat zum Beispiel 15 Kammern frei für Wissenschaftler; das heißt, ich kann nur noch 15 Wissenschaftler mitnehmen und keine 28, wie sonst im Normalbetrieb. Das bereitet uns gerade bei den Großgeräten enorme Schwierigkeiten. Die größten Probleme machen uns die langen Transitzeiten. Unsere Techniker kriegen ja Überstunden bzw. Freizeitausgleich für die Mehrarbeit an Bord. Die Überstunden beeinflussen uns finanziell, beim Freizeitausgleich fehlen uns die Technikerstunden später an Land. Außerdem sind bei sehr langen Ausfahrten nicht alle motiviert, auf Schiffsreisen zu gehen.

Wie wirkten sich die Beschränkungen auf die Lehre aus?

Im Wesentlichen konnten wir nur Online-Lehre anbieten. Bloß zu wenigen Praktika und Prüfungen durften Studierende an die Uni kommen. Für die Hochschullehrer bedeutet es eine große Anstrengung, alles umzugestalten. Und auch für die Studierenden ist es anstrengender, den Lehrveranstaltungen dauernd online beizuwohnen. Das kann man mal für zwei Stunden machen, aber drei Lehrveranstaltungen hintereinander vor dem Rechner sitzen macht keinen Spaß mehr. Meine Wahrnehmung war, dass der erste Monat okay war, aber dann nahm die Motivation langsam ab. Ich glaube auch, einige Studierende haben ihr Studium geschmissen. Wir werden ja sehen, ob

im Wintersemester noch genügend Studierende kommen.

Können Sie dem Ganzen etwas Positives abgewinnen?

Nein. Diese Reise, die wir jetzt mit der *Sonne* vor uns haben, dauert zwei Monate. Geplant war sie eigentlich für vier Wochen auf der *Meteor*. Für mich ist es schwieriger, die Fahrt zu organisieren. Ich sehe eigentlich nur Hemmnisse. Immerhin können wir die Forschungsreise durchführen, welches eine Bevorteilung ist vor anderen, die ihre Forschungsreisen abgeben mussten. Es ist bereits ein Stau von genehmigten Forschungsreisen entstanden, der durch Corona größer wurde.

Sie sind jetzt 64. Stimmt es, dass Sie tatsächlich erst in fünf Jahren in Pension gehen?

Laut Zustimmung der Universität kann ich tatsächlich noch bis 69 als Hochschullehrer weiter arbeiten, danach ist Schluss. Bis dahin darf ich meine Arbeitsgruppe weiter leiten, was eine Voraussetzung dafür ist, auch Expedition durchführen zu können. Das ist ein Entgegenkommen der Universität, normalerweise werden Professoren mit 67 Jahren pensioniert.

Welche Forschungsfragen möchten Sie noch stellen?

Da geht es um Barium-Seeps. Seit 2004 verfolge ich die Idee. Das Proposal ist längst genehmigt, doch noch warte ich auf die Reise. Es gibt Baryt-Ablagerungen am Meeresboden, in denen das Element Barium enthalten ist. Barium kommt aus ganz großen Tiefen. Das tritt aus Seeps aus und präzipitiert am Meeresboden. Dort gibt es dann auch wieder chemosynthetisches Leben. Es gibt nur ganz wenige Stellen, wo wir das untersuchen können. Ich hoffe, dass ich diese Fahrt noch machen kann. Das ist jetzt keine weltbewegende Frage, aber es ist eben ein Puzzleteil, das uns völlig unbekannt ist.

Was würden Sie gerne besser können?

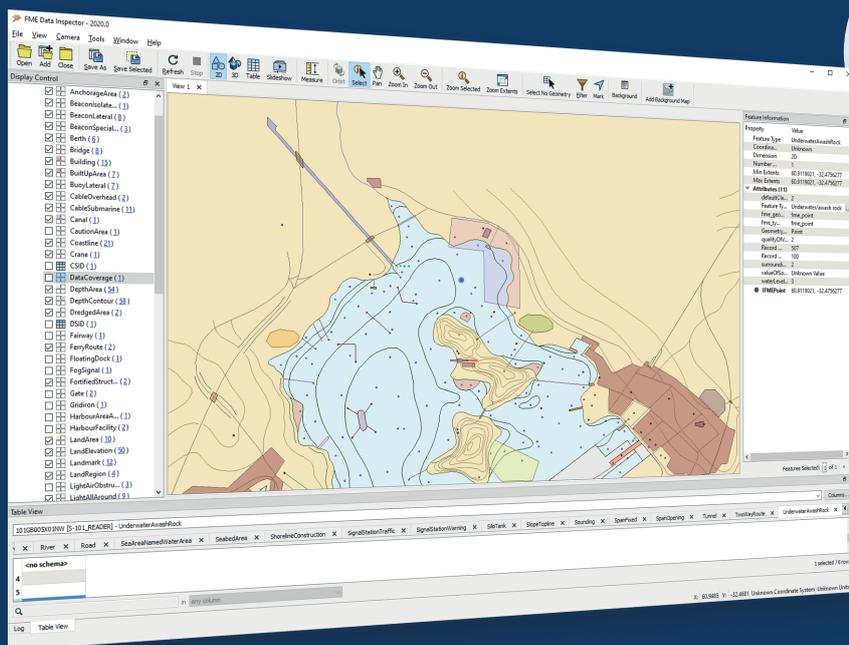
Mein Wunsch, der jedoch nichts mit dem zu tun hat, was ich wissenschaftlich mache, wäre, ein Instrument spielen zu können. Ich liebe die Musik, gehe leidenschaftlich gern in Konzerte. Nur leider bin ich völlig unmusikalisch. Ich freue mich jetzt auf die ersten Konzerte in der GLOCKE hier in Bremen, mit Hygieneauflagen.

Was wissen Sie, ohne es beweisen zu können?

Ich würde mir nicht anmaßen, etwas zu wissen, was man nicht beweisen kann. Ich glaube zu sehr an die Naturwissenschaften. //

Chart Production Software

Meeting The Standards Of The Future.



Free
Software
Download

S-101 Reader for FME®

SevenCs' release of its S-101 Reader for FME® is an important step in the industry's move to the S-101 data standard.

The SevenCs' S-101 Reader is available as a free 3rd party plugin for all editions of FME® Desktop.

Please visit sevens.com/news for more information and software download.



Tiefseebergbau und »green economy«

Rohstoffe, Umweltschutz, neue Technologien, neues Recht

Ein Beitrag von UWE JENISCH

Die Menschheit benötigt immer mehr Metalle und Seltene Erden. Um an genügend Rohstoffe zu gelangen, richtet sich der Blick auf die Tiefsee – auf Manganknollen, Massivsulfide und polymetallische Krusten. Die Meeresbodenbehörde ISA bereitet den kommerziellen Tiefseebergbau vor. Zu diesem Zweck wird zurzeit ein Regelwerk erarbeitet, der Mining Code, das den industriellen Abbau der Rohstoffe regulieren soll. Doch noch müssen einige Fragen zur Umweltverträglichkeit, zu Sicherheitsstandards und zum künftigen Monitoring des Abbaus geklärt werden.

Tiefseebergbau | Rohstoffe | Mining Code | Meeresbodenbehörde ISA
deep-sea mining | raw materials | Mining Code | International Seabed Authority ISA

Humanity needs more and more metals and rare earth elements. In order to get enough raw materials, we are looking at the deep sea – at manganese nodules, massive sulfides and polymetallic crusts. The International Seabed Authority ISA is preparing for commercial deep sea mining. To this end, a set of rules, the Mining Code, is currently being drawn up to regulate the industrial mining of raw materials. However, a number of issues still need to be clarified regarding environmental impact, safety standards and future monitoring of mining.

Autor

Prof. Dr. Uwe Jenisch ist Honorarprofessor für Internationales Seerecht in Kiel und Mitglied des Beirats der DSMA.

uwe.jenisch@t-online.de

Der Abschied unserer Gesellschaft von Öl, Gas und Kohle, also die Dekarbonisierung der Wirtschaft und die Veränderung des Verbraucherverhaltens, geht einher mit erneuerbaren Energien durch Windturbinen, durch Solar- und Brennstoffzellen sowie Wasserstoffherzeugung. Allein die Energiewende braucht 60 % mehr Strom, um ihre Ziele bis 2050 zu erreichen (FAZ vom 14.09.2020, S. 17). Weitere Stichworte sind Elektromobilität mit schwergewichtigen Batterien, Industrie 4.0, 3D-Druck und, nicht zu vergessen, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik und Militär. Aktuell kommt der massive Digitalisierungsschub der Corona-Krise hinzu. Damit ist insgesamt ein radikaler Umbau zur »green economy« eingeleitet, der Metalle und Seltene Erden in rasch wachsenden Mengen benötigt. Allein für den Bereich »clean energy« prognostiziert die Weltbank für 2050 einen Bedarf an speziellen Metallen, der um 500 % höher liegt als im Jahre 2018 (World Bank Report, Mai 2020). Dieser ist durch Sparsamkeit und Recycling nicht annähernd zu decken und stellt die Rohstoffversorgung vor enorme Herausforderungen. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, dass viele Metalle und Seltene Erden von China monopolisiert werden oder als »conflict minerals« aus politisch unzuverlässigen Ländern stammen, wo Kinderarbeit und Menschenrechtsverletzungen an der Tagesordnung sind.

Ein Neustart der Wirtschaft in Richtung »green economy« nach der Corona-Krise wird an diesen Tatsachen nicht vorbeikommen. Die EU-Kommission hat die Versorgungslücke bei wichtigen Mineralien erkannt und kürzlich einen Aktionsplan nebst einer Studie und einer Liste von kritischen Metallen vorgelegt (COM(2020) 474 final). Damit richtet sich der Blick auch auf die mineralischen Rohstoffe der Tiefsee, die einen Beitrag zur Rohstoffsicherung leisten können.

Im Auftrag der Staatengemeinschaft bereitet die UN-Meeresbodenbehörde ISA (International Seabed Authority) den kommerziellen Tiefseebergbau vor und erarbeitet das Bergbaurecht (Mining Code) für den industriellen Abbau (Exploitation). Bisher gibt es noch keine Schürfrechte, sondern nur Rechtsregeln für die Lizenzen zur Erkundung (Exploration). Die Verhandlungsrunde im Jahre 2020 wird das Ziel eines verabschiedungsreifen Mining Code zwar noch nicht erreichen, diesem aber nahe kommen. Vor diesem Hintergrund läuft derzeit die Debatte heiß, ob der Meeresbergbau zur gesellschaftspolitisch akzeptablen Rohstoffversorgung im Rahmen beitragen kann oder aus umweltpolitischen oder ethischen Gründen abzulehnen ist.

Die Befürworter aus den Industrieländern verweisen auf wichtige Basismetalle wie Kupfer, Nickel, Kobalt, Mangan, die für Batterien und viele andere Anwendungen unentbehrlich sind. Diese

Mineralien, zu denen auch Lithium und einige Seltene Erden zählen, sind in unterschiedlichen Zusammensetzungen in den drei Typen polymetallischer Ressourcen unmittelbar am Meeresboden in Qualitäten und Mengen zu finden, die z. B. für Kobalt die terrestrischen Ressourcen mengenmäßig deutlich übertreffen (Abb. 1). Es geht um die Manganknollen am Boden der Tiefsee, um Massivsulfide aus heißen Quellen (Schwarze Raucher) und um polymetallische Krusten an unterseeischen Bergen.

Die Kritiker, darunter internationale Umweltverbände und viele Meereswissenschaftler, fürchten eine großräumige Vernichtung der unberührten und unerforschten Ökosysteme und Habitate am Meeresboden. Aus ihren Reihen kommt die Forderung nach einem Moratorium bzw. einem Verbot für alle Aktivitäten.

Die 1994 gegründete ISA mit Sitz in Jamaika betreut aktuell 31 Explorationsvorhaben von staatlichen und privaten Unternehmen zunächst nur zur Erkundung der Lagerstätten. Der Zuständigkeitsbereich der ISA erstreckt sich auf die Tiefsee, also auf rund 54 % der Weltmeeresfläche. Die dort vorhandenen mineralischen Ressourcen hat das UN-Seerechtsübereinkommen von 1982 zum Gemeinsamen Erbe der Menschheit erklärt und der ISA zur Verwaltung und zum Schutz unterstellt. Die übrigen Meeresbodenflächen sind Teil der in der Regel 200 Seemeilen breiten hoheitlichen Ausschließlichen Wirtschaftszonen und Festlandsockel, wo der Bergbau unter nationaler Zuständigkeit zulässig und künftig zu erwarten ist.

Die Lizenzinhaber der ISA kommen aus China, Japan, Indien, Korea, Frankreich, Belgien, Russland, Singapur und aus pazifischen und karibischen Inselstaaten und Entwicklungsländern. Auch die damalige schwarz-rote Bundesregierung hat 2006 eine Lizenz für die Exploration von Manganknollen

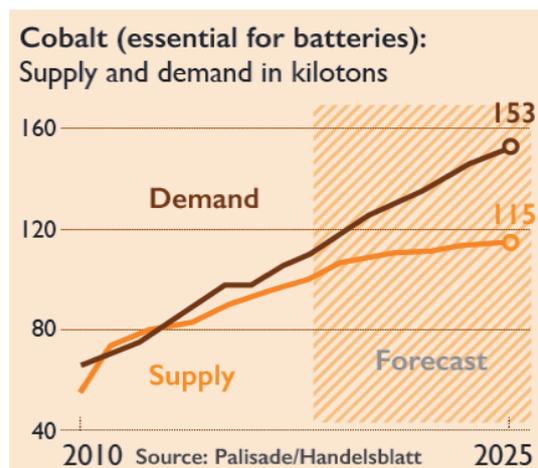


Abb. 1: Beispiel Kobalt: Der Bedarf kann durch Bergbau nicht gedeckt werden

im Pazifik erworben. Im Jahre 2015 kam eine zweite für Massivsulfide im Indischen Ozean hinzu. Beide Gebiete werden von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover mit einem Aufwand von bisher ca. 100 Mio. Euro exploriert. Es wurden vielversprechende Funde gemacht. Für alle gilt: Ein industrieller Abbau kann erst erfolgen, wenn die zuständigen Gremien der ISA den Mining Code, das heißt das Regelwerk für den Abbau dieser Rohstoffe mit seinen Verfahrens-, Umweltschutz- und Finanzregeln fertiggestellt und verabschiedet haben.

Der Abbau erfordert im Falle der Manganknollen ferngesteuerte Kollektoren für das selektive Einsammeln der Knollen im Sediment an der Oberfläche des Meeresbodens (Abb. 2). Bekannt sind Konzepte ähnlich einer Kartoffelerntemaschine. Zur Gewinnung von Massivsulfiden und Krusten werden Schneidwerkzeuge benötigt. In allen Fällen muss das gewonnene Material zum Produktionsschiff an der Wasseroberfläche gepumpt werden,

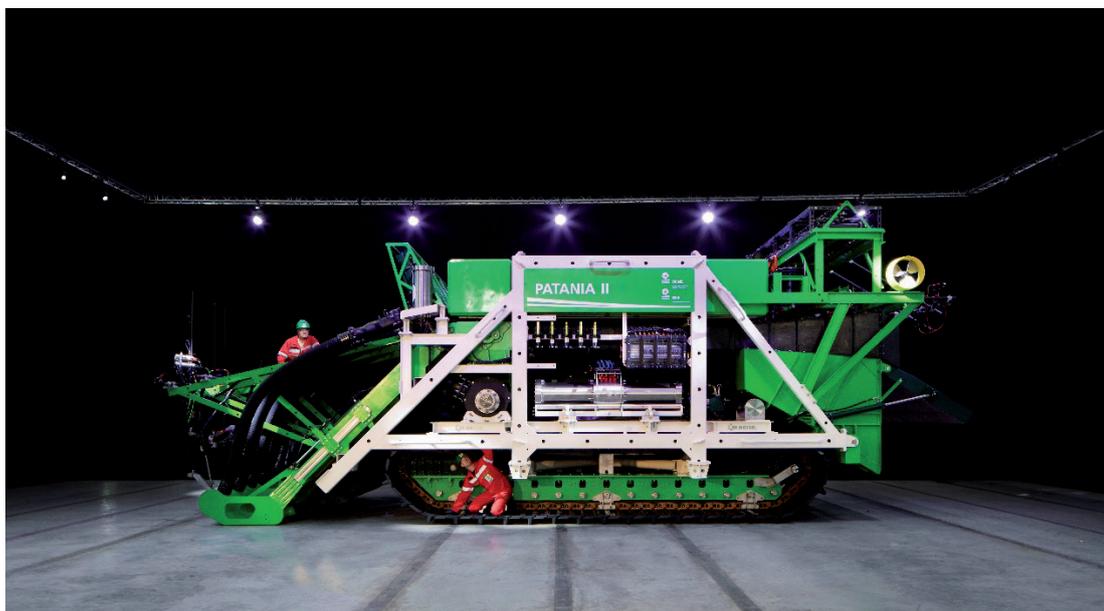


Abb. 2: Bereit für den Tiefseeinsatz im Pazifik – der Manganknollenkollektor Patania II

wie es bei der Offshore-Öl- und -Gasförderung seit Jahrzehnten erprobt ist. Die Erze werden auf dem Förderschiff gebunkert, während Produktionswasser, Sedimente und Abrieb in einem zweiten Rohrstrang direkt zur Lagerstätte zurückzuführen sind, ohne die Wassersäule zu belasten. Die Verhüttung und Separierung der verschiedenen Mineralien ist in jedem Fall an Land vorgesehen.

Es gibt große Bedenken, inwieweit der Bergbau in die unberührten Ökosysteme der Tiefsee eingreifen darf. Das liegt teils an fehlenden wissenschaftlichen Kenntnissen, teils an noch durchzuführenden In-situ-Tests der Abbautechnologien. Ein Hauptbedenken gilt dem Abbau von großflächigen Feldern von Manganknollen bezüglich der möglichen Auswirkungen der Sedimentwolke, die ein fahrender oder schwebender Kollektor aufwirbelt. Umfassende wissenschaftliche Forschungen, unter anderem gefördert vom EU-Programm »JPI Oceans«, zeigen die große Vielfalt des biologischen Lebens am Tiefseeboden. Ständig werden neue Arten entdeckt, ohne dass man alle Zusammenhänge bisher versteht. Die Knollen sind unter anderem Lebensraum für Schwämme, Korallen und andere Lebewesen. Ganz besondere Lebensgemeinschaften haben sich rund um die aktiven Schwarzen Raucher gebildet, wo Sulfidminerale aus den Ablagerungen von heißen Quellen aus dem Erdmantel gebildet werden. Daraus ergibt sich die verständliche Folgerung, Mineralerze nicht an aktiven Rauchern, sondern nur an erloschenen inaktiven Vorkommen abzubauen. Größere Sedimentwolken sind an den kleinräumigen Sulfidlagerstätten und den polymetallischen Krusten der unterseeischen Berge, wo es kaum Sedimente gibt, nicht zu erwarten. Hier geht es jedoch darum, auf lokale Lebensgemeinschaften Rücksicht zu nehmen.

Die Industrie und die ISA argumentieren pro Tiefseebergbau und betonen, dass jede menschliche Nutzung einen Eingriff in die Natur bedeute. Das könne man besonders an der Landwirtschaft und beim Bergbau an Land sehen, wo die Natur immer stärker mit Emissionen und Landschaftsverbrauch strapaziert wird. Wäre es zwingend, wie die Befürworter des sogenannten Vorsorgeprinzips behaupten, dass jede menschliche Aktivität erst zugelassen wird, wenn alle eventuellen Folgewirkungen erforscht wären, dann hätte man weder den Tagebau (Abb. 3), die Erdöl- und Erdgasförderung noch das Auto zulassen dürfen – und auch keine neuen Impfstoffe.

Die technischen Anforderungen zur Minimierung der Eingriffe in die Umwelt sind zweifellos enorm, aber nicht unlösbar. Zur Vermeidung von Sedimentwolken gibt es erste Lösungsvorschläge. Für die Abbautechnik der Tiefsee sprechen außerdem der im Vergleich zum Landbergbau geringe Energieeinsatz und folglich geringe CO₂-Fußabdruck. Schließlich wird auch das kommende Lieferkettengesetz Argumente liefern, denn dieses Gesetz wird Importeure und Lieferanten im Ausland zur Einhaltung sozialer und ökologischer Mindeststandards verpflichten (einschließlich Haftung). Menschenrechtsverletzungen, Warlords, Kinderarbeit und Urwaldrodungen sind auf See nicht zu erwarten.

Im Falle des Tiefseebergbaus ist entscheidend, dass Rechtsrahmen und Umweltschutzvorkehrungen geregelt werden, bevor die Produktion beginnt. Mit diesen Regelungen liefert die ISA auch Standards und Vorlagen für entsprechende Gesetzgebungen der Küstenstaaten zum Meeresbergbau in ihren jeweiligen AWZ. Denn hier geht es darum, den Tiefseebergbau unter »Billigflagge« zu verhindern.



Abb. 3: Auswirkungen des Landbergbaus an Land

Source: DSM/A

Der Entwurf des Mining Codes sieht ein breites Spektrum von Schutzmaßnahmen vor wie z. B. Umweltverträglichkeitsprüfungen, permanente Überwachung (Monitoring), Referenzgebiete, Schutzgebiete, Haftungs- und Versicherungspflichten sowie Eingriffsrechte bei Störungen. Zugleich ermutigt der Entwurf zur Entwicklung gleichsam »minimalinvasiver« Fördertechnik. Bereits in den schon laufenden Explorationsphasen müssen die Antragsteller diverse Umwelt- und Statusberichte vorlegen. Die Erkenntnisse daraus werden Schritt für Schritt ausgewertet und für die umfangreichen Schutzvorschriften der Abbauregularien genutzt. Mehrere Lizenznehmer aus China, Indien, Japan sowie aus Belgien (Global Seabed Resources, GSR) beginnen mit der Erprobung ihrer Abbaugeräte in größeren Wassertiefen. Für Frühjahr 2021 soll ein Prototyp des Manganknollenkollektors der GSR im Tiefseeinsatz mit deutscher Beteiligung getestet werden (Abb. 2), wobei eine umfassende, interdisziplinäre wissenschaftliche Begleitung durch das EU-Projekt »JPI Oceans – Mining Impact« geplant ist.

Hinsichtlich der Sulfiderze werden Probennahme und Abbau in den kommenden Jahren Gegenstand eines Gerätetests, den die in Gründung befindliche Firma Seabed Mineral Services, ein Joint Venture der Firmen BAUER Maschinen GmbH und Harren & Partner, vorbereitet. Japan hat bereits erste Mining-Tests in den eigenen hoheitlichen Meereszonen durchgeführt und Nachweise der Machbarkeit erbracht.

In jedem Fall stehen wissenschaftliche Meeresforschung und Meerestechnik in enger Zusammenarbeit vor großen Aufgaben, wenn es darum geht, mehr Erkenntnisse über die Tiefsee zu gewinnen und alle Aktivitäten wissenschaftlich zu begleiten. So wird von der Meeresbergbautechnologie ein starker Schub für die Forschungstechnik erwartet, wenn autonome Plattformen und Geräte für wissenschaftliche und wirtschaftliche Zwecke in der Tiefsee zur Verfügung stehen. Das Unternehmen DeepGreen Resources mit Sitz in Vancouver/Kanada, einer der 31 Kontraktoren der ISA, beginnt aus diesen Gründen in Zusammenarbeit mit neun führenden Forschungsinstituten an einer möglichst seriösen Risikoanalyse des Tiefseebergbaus zu arbeiten mit dem Ziel, die Eingriffe in die Natur zu minimieren.

Nur diese Vorgehensweise des Learning by Doing bringt verlässliche Daten über den Grad des Eingriffs, liefert Grenzwerte für die Regularien und führt zur Entwicklung von umweltschonenden Techniken. Nach Ansicht der Industrie geht es darum, einen Interessenausgleich zwischen hinnehmbaren Eingriffen und bestmöglichem Umweltschutz zu finden und ein entsprechendes System des verantwortlichen Managements in Form des Mining Codes aufzubauen. Das bedeutet bereits im Vorfeld größtmögliche Trans-

parenz bezüglich Sicherheitsstandards und Kontrollen.

Zweifellos sind alle Bemühungen zur Verringerung des Metallverbrauchs, zum Recycling und zur Substitution sehr wichtig und zu intensivieren. Aber den meisten Fachleuten dürfte klar sein, dass dies nicht ausreichen wird, um den enormen Bedarf der Weltbevölkerung zu befriedigen, die von derzeit 7,8 Milliarden Menschen auf knapp 11 Milliarden im Jahr 2050 ansteigen wird. Für diese Menschen muss es neben Nahrung auch Rohstoffe und Energie geben, die zum Teil aus den Meeren kommen werden.

Der Wechsel von fossilen Energien in ein neues industrielles Zeitalter ist ein sehr metall-intensiver Prozess. Es müssen gleichzeitig die hohen Ansprüche an die Klimaziele erfüllt und die Dekarbonisierung der Industrien einschließlich »sauberer« Elektromobilität und Stromerzeugung erreicht werden. Wollte man tatsächlich auf den Beitrag der marinen Rohstoffe verzichten, so bliebe wohl nur die Intensivierung des Landbergbaus, z. B. im Amazonasgebiet, in Sibirien oder in Zentralafrika. Der hohe Preis hierfür wäre die weitere Vernichtung von Lebens- und Naturräumen (Abb. 3) und damit Beschleunigung des Klimawandels und der Migration. Die Verantwortung für diese Entwicklung werden dann in erster Linie die westlichen Industriestaaten und ihre »konsumfreudigen« Bürger tragen müssen. Spätestens an dieser Stelle wird sich zeigen, dass die umweltpolitische Gesamtbilanz des Tiefseebergbaus bei Einsatz intelligenter und umweltschonender Technik deutlich besser sein kann als die des konventionellen großflächigen Landbergbaus. »Clean minerals for green economy« ist die griffige Formel.

Die Interessenlage Deutschlands ist eindeutig: Wegen der nahezu 100%igen Importabhängigkeit bei Metallen und Seltenen Erden brauchen wir sowohl Rohstoffsicherheit als auch bestmöglichen Umweltschutz, zudem können wir verantwortungsvolle Beiträge zur Technologie und zur wissenschaftlichen Begleitung liefern. Die Ausgangslage für Deutschland ist besser, als vielen bewusst sein dürfte. Es gibt zwei rohstoffreiche marine Lizenzgebiete sowie rund 30 meerestechnische Firmen und Institutionen, die in der DeepSea Mining Alliance (DSMA) organisiert sind und über umfangreiches Know-how verfügen. Außerdem gibt es kompetente Institute der Meeresforschung und eine innovative Fahrzeug- und Maschinenbauindustrie als Abnehmer der Rohstoffe. In der ISA hat Deutschland einen festen Sitz und genießt Ansehen. Kooperationen mit ausländischen Partnern in der EU und darüber hinaus bestehen bereits. Eine breitere sachliche und objektive Diskussion in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft wäre sinnvoll und wünschenswert, um alle wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Optionen in der Tiefsee offen zu halten und zu nutzen. //

The German DeepSea Mining Alliance in close cooperation with its European members

An article by JOHANNES POST

A group of German companies founded the DeepSea Mining Alliance (DSMA) in 2014 as a joint industrial platform to foster the German and international activities regarding deep-sea minerals and the corresponding mining of these resources. Its main objective is to support the coordinated representation of interests regarding politics, industry and society. Nowadays the DSMA consists of 28 members in total – containing six foreign members as well as seven scientific institutions. The most promising activities with the partners from France, Belgium and Norway are introduced.

Deep-sea mining | raw materials | rare earth elements | DSMA | ISA | Mn-Nodules | seafloor massive sulfides
Tiefseebergbau | Rohstoffe | Seltene Erden | DSMA | ISA | Manganknollen | Massivsulfide

Eine Gruppe deutscher Unternehmen gründete 2014 die DeepSea Mining Alliance (DSMA) als gemeinsame industrielle Plattform zur Förderung der deutschen und internationalen Aktivitäten bezüglich Tiefseemineralien und ihres Abbaus. Hauptziel der DSMA ist die koordinierte Interessenvertretung gegenüber Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Heute besteht die DSMA aus insgesamt 28 Mitgliedern – darunter sechs ausländische Mitglieder sowie sieben wissenschaftliche Institutionen. Die vielversprechendsten Aktivitäten mit den Partnern aus Frankreich, Belgien und Norwegen werden vorgestellt.

Author

Johannes Post is Managing Director of HYDROMOD Service GmbH in Hannover and of the DeepSea Mining Alliance e. V.

johannes.post@hydromod-service.de
post@deepsea-mining-alliance.com

Introduction: Responsible commercial deep-sea mining – Expertise and visions

As we all know, the oceans cover 71 % of the world surface. Today, the extraction of oil and gas from offshore sources as well as electricity from marine wind farms provide a considerable contribution to the global economy. At the same time, deep-sea mining is in a pre-industrial phase, while the world urgently needs to transfer into a low carbon future. Regarding the global industry's high demand on high-tech mineral resources, a new international industry is emerging. There are windows of opportunity to solve these demands with regard to:

- The supply of critical raw materials for clean technologies and responsible industries;
- The development (and export) of innovative deep-sea mining technologies for world markets;
- The shaping of high technical and environmental standards to minimise impacts.

The growing demand of energy is highly welcome to politicians, industry and consumers. When it comes to metals and to rare earth elements (REEs), there is an important maritime dimension as well. The mantle of our planet contains mineral resources on land and on the seabed. The significant potential of seabed minerals can provide many key minerals such as copper, cobalt, zinc, nickel, manganese, gold and silver and also REEs, to name a few.

While many land-based resources are increasingly depleted, turning to lower grade ores, or producing under critical environmental conditions, deep-sea mining will diversify and add to the world supplies for mankind. Both, the EU Commission and the Federal German Government have included deep-sea mining in their respective R&D programs as well as in environmental projects. The coalition-agreement of 2018 advocates the testing of hardware for future deep-sea mining.



Fig. 1: These three deep-sea minerals (Mn-nodules, seafloor massive sulfides, Co-rich crusts) are the main marine resources administered by the ISA

Source: BGR

The Federation of German Industries (BDI) put it correctly: »There will be no high-tech industries »made in Germany«, without a safe supply chain of critical raw materials.«

Since several decades, the following three types of seafloor mineral resources are getting more and more in the focus of the global industrial community as well as of the International Seabed Authority (ISA), which governs the seafloor and its resources on behalf of the United Nations and the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS):

- Manganese nodules, i.e. potato-shaped poly-metallic minerals on the flat ocean seabed at 4000 to 6000 m water depth, which contain considerable amounts of manganese, iron, nickel, cobalt as well as less concentrations of REEs (Fig. 1, left).
- Seafloor massive sulfides (SMS) with poly-metallic content (iron, copper, zinc, lead, silver, gold) are built in the vicinity of hydrothermal vents (»black smokers«) on mid-ocean ridges and other tectonic plate boundaries at depths around 1500 to 4500 m (Fig. 1, middle)
- Cobalt-rich ferromanganese crusts on the flanks of seamounts with iron, manganese, cobalt, copper and REEs (Fig. 1, right).

All three types are multi-metal resources in that they contain a mix of different metals plus – in many cases – a »cocktail« of different REEs. The resources either occur directly on the seafloor (manganese nodules) or like a »chocolate coating« (cobalt rich crust) on subsea mountains. The SMS can be found within the seafloor's upper subsoil portion. They are ready for recovery without penetrating deep into the subsoil. The deposits of manganese nodules are measured by kg/m² and require relatively spacious areas of a few hundred km². The sulfides and the crusts occur in high-grade local deposits of limited extension.

Germany holds an exploration license for manganese nodules in the Clarion-Clipperton Fracture Zone (CCZ) of the Pacific Ocean since 2006 (see Fig. 2 and Fig. 3) and a second exploration license for seafloor massive sulfides in the Indian Ocean since 2015 (see Fig. 2 and Fig. 4). With the support of the German Association for Maritime Technology (GMT), the German government's National Masterplan Maritime Technologies (NMMT) and the DeepSea Mining Alliance (DSMA), policy-makers and society have become more aware of deep-sea mining in recent years, and the issue has been highlighted at various events.

The German exploration licenses are held by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) and managed by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR). The ISA exploration licenses are issued for a period of 15 years. In general, these licenses can be extended

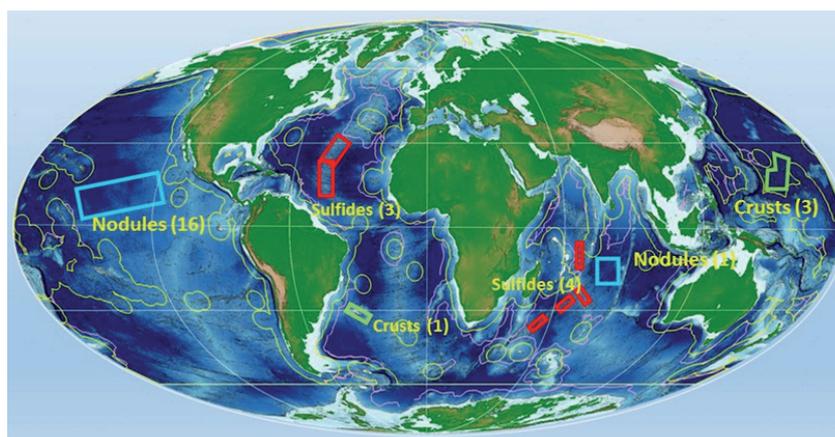


Fig. 2: The 29 ISA claims hold promising mineral resources of three different types in high grades and quantities

Source: BGR

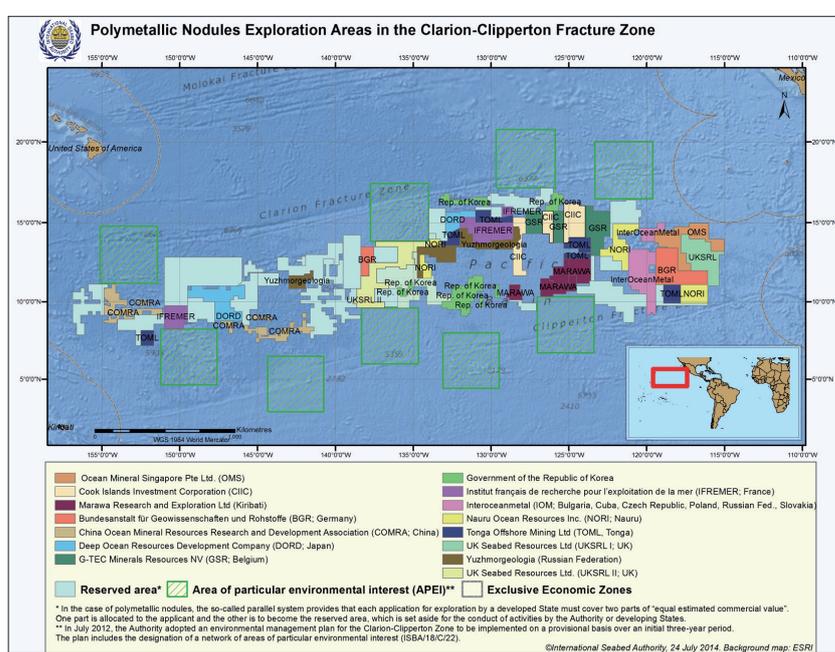


Fig. 3: 16 exploration licenses for nodules issued by ISA are in the Clarion-Clipperton Zone

Source: ISA

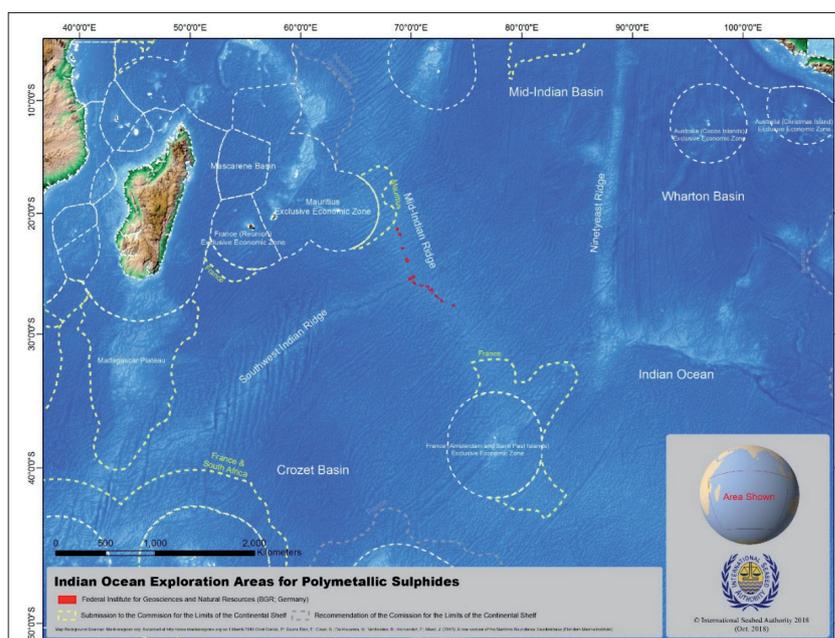


Fig. 4: The German SMS exploration license area (red dots) within the Indian Ocean

Source: ISA

on application by another five years. For that reason, the German Mn-nodules license in the CCZ officially will be finished in the year 2021 and the SMS license in 2030.

DeepSea Mining Alliance – DSMA

A group of German companies founded the association DeepSea Mining Alliance in April 2014 as a joint industrial platform to foster the German and international activities regarding deep-sea minerals and the corresponding mining of these resources. Its main objective is to support the coordinated representation of interests regarding politics, industry and society, focussing on the following items:

- Common platform for industrial and research partners;
- Development of international cooperation projects;
- Support of deep-sea mining innovations based on research and development and joint industry projects;
- Preparation and realisation of a »Pilot Mining Test«;
- Close cooperation with leading research institutes, taking into consideration all environmentally relevant aspects.

Due to the fact, that the German government holds two ISA licenses on deep-sea mineral resources, soon the question came up in the public and politics, how the German industry could get involved in this new deep-sea business. After many discussions with German industrial stakeholders and thorough investigations regarding the question, which companies are interested in the deep-sea mining business, it came out, that mainly small and medium size enterprises (SME) were interested to participate and revealed a broad spectrum of expertise regarding marine mining. However, this expertise mainly focuses on companies

for marine services or companies, who develop special mining and monitoring equipment. A big »global player« from the German industry, who is interested to be the system-leader of this huge mining business, could not be found.

Based on this background, that no German global player could be recruited to take the position as a system-leader for the German deep-sea mining business, a number of companies decided in 2014 to found the DeepSea Mining Alliance e. V., an association with the goal to foster the international deep-sea mining issue. This was also the reason, why the association got an English name and recruited both, German and foreign members. The recent DSMA membership consists of 28 members in total – containing six foreign members as well as seven scientific institutions. Furthermore, the DSMA maintains a close cooperation with the BGR, which looks back on more than fifty years of experience in marine mineral resources.

The DSMA in cooperation with European partners

As already pointed out, the DSMA strives for a good cooperation with international partners. Especially the situation that in Germany until now no big company or even mining company could be recruited for being the system-leader of the future deep-sea mining business is the reason that the cooperation with foreign companies is essential for the DSMA.

Furthermore, the huge financial efforts necessary to realise the deep-sea mining business require for financially strong partners, particularly from the mining industry. Due to the fact that Germany owns almost no metallic mineral resources this type of mining industry is quite scarce in Germany. Whereas countries like Poland, France, Finland, Norway in Europe and Australia, Canada and the USA have own huge mineral resources and a corresponding strong mining industry. Because of this situation, a cooperation between strong mining companies from abroad and Germany's high-tech industry is strongly recommended.

France

Starting with a joined visit of a German delegation with members from the BMWi and a number of German associations at the French Ministère de l'Économie, du Redressement productif et du Numérique Conseil Général de l'Économie on 20th of May 2014 in Paris, a joint cooperation between the French Cluster Maritime Français and the DSMA was initially discussed.

This cooperation was signed as a joint Memorandum of Understanding (MoU) during the 9th National Maritime Conference (NMK) on the 20th October 2015 in Bremerhaven (Fig. 5).

Major goals of these two MoU were the cooperation concerning joint industry projects, pilot



Fig. 5: Signature of two MoU between the French and German Ministries of Economy as well as between the Cluster Maritime Français and the DeepSea Mining Alliance during the 9th National Maritime Conference in Bremerhaven

Source: BMWi

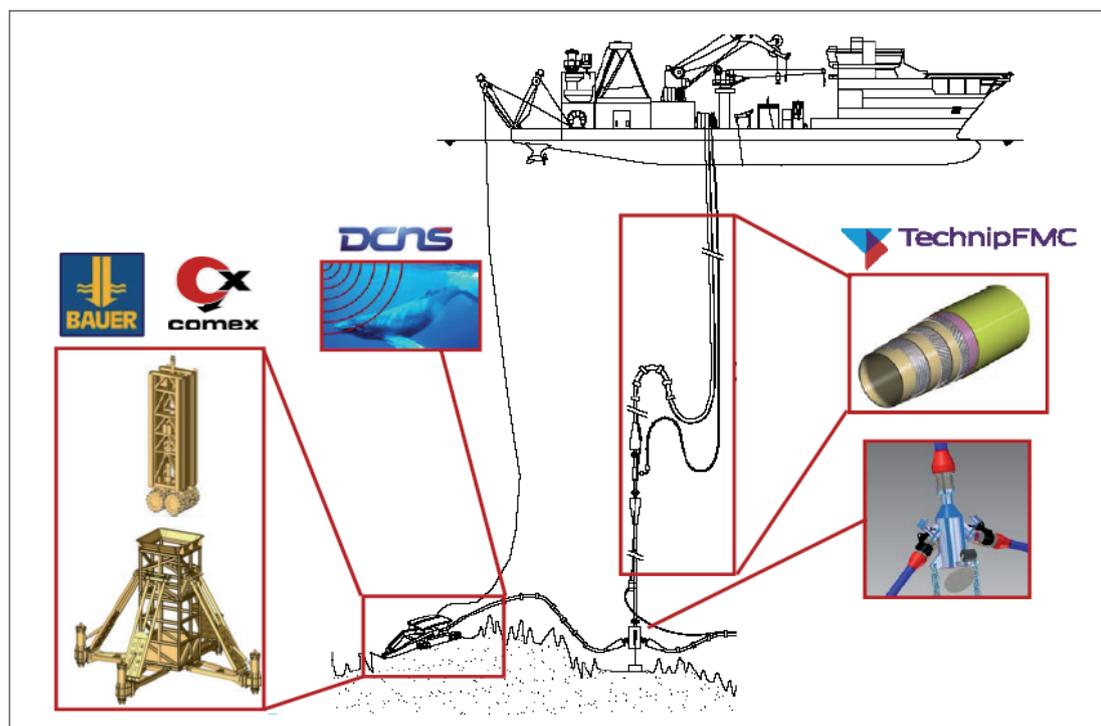


Fig. 6: Scheme of the cooperation activities between the French and German companies as project partners in the joint industry project FONASURF

mining tests, joint RTD projects, joint marketing activities, joint exploration cruises, deposit evaluation, environmental impact assessment studies, impact monitoring and remediation as well as development and qualification of innovative and sustainable deep-sea technologies and technology and sciences education and training.

The following guidelines of the cooperation within the MoU were mutually agreed:

- Europe and mainly France and Germany have a unique and coherent set of resources, skills and expertise concerning seabed and mining operations.
- With respect to several EU activities both parties are discussing possible options to join deep-sea mining forces in France and Germany in order to achieve higher impact strength for deep-sea mining in the EU and push for a much more ambitious vision from the European Commission.
- Possible deep-sea mining partners in France and in Germany would be, for example, the members of the French Maritime Cluster and of the DeepSea Mining Alliance.
- French and German companies could form the core of an obvious network in an internationally-based deep-sea mining strategy.

Furthermore, following joint activities and projects are envisaged:

- Joint R&D projects;
- Initiation of joint European R&D projects in the frame of the European H2020 framework program;

- Bilateral national R&D projects;
- Joint marketing activities regarding marine mineral resources and deep-sea mining activities;
- High-level French-German activities in Brussels, e.g. discussions on the consideration of marine and deep-sea minerals and mining proposals in the European framework programs;
- Joint exploration cruises on deep-sea mineral resources;
- Cooperation regarding planning and execution of future Pilot Mining Tests;
- Joint industry projects (JIP), i.e. cooperation between French and German companies regarding the development of deep-sea mining technology.

The following two short examples may show how the cooperation between CMF and DSMA took place:

The joint industrial project FONASURF focused on the development of a concept for a pilot sub-sea mining system for the extraction of minerals from deep-water seafloor massive sulfide deposits (Fig. 6). BPI France sponsored the project, through the »World Innovation Challenge Phase 2« program (2015 to 2017).

Together with our French CMF partners and further project partners from Belgium, Finland, Netherlands, Portugal and UK, the DSMA submitted in April 2015 a proposal with the short title »Deep-Sea Mining 2.0« to the European Commission. The proposal with the full name »Highly automated industrially-driven technologic and economic solutions for European deep-sea mining – Minimizing



Fig. 7: The scaled prototype of the Mn-nodules collector *Patania II* during launching operation

Source: GSR-DEME

the footprint on the marine environment» passed the evaluation, but was not funded because of too many successful proposals.

Belgium

The Belgian company Global Sea Mineral Resources (GSR), a subsidiary of the dredging company DEME, is studying polymetallic nodules since 2012. For this purpose, GSR collaborates with scientists from various universities from Belgium and abroad. GSR joined the DSMA in 2016 to facilitate the cooperation with German research institutions (e.g. GEOMAR and Jacobs University) as well as with the BGR and other interested member companies from the DSMA.

Update: Patania II trial

As announced on 21 March 2019, GSR had to postpone the trial of its purpose-built prototype nodules collector *Patania II* (Fig. 7) due to damage caused to the vehicle's communications and power cable (umbilical). Since then, GSR has completed a thorough root-cause analysis, the issues have been resolved and a new trial is being planned with a new winch and umbilical combination.

The launch of *Patania II* overlaps with a four-year independent transnational scientific research project initiated through JPI Oceans (2018 to 2022), to which GSR remains fully committed. Both teams have been working together to maintain focus on the overall goal of studying the environmental aspects of the seafloor minerals industry for the benefit of all potential users of such scientific information.

As scheduled in the JPI Oceans project, research has been conducted to gather adequate

environmental baseline information from both the Belgian (GSR) and German (BGR) contract areas within the Clarion-Clipperton Zone, where the *Patania II* trials will take place. After the trials, both areas will also be revisited to study potential effects on the deep-sea ecosystems and their environments.

Since the GSR news release in March 2019 concerning the problems during the first component test, BGR decided to include the JPI Oceans environmental monitoring studies within their exploration program. The next trial was planned for October and November 2020. However, due to Covid-19 disruptions, BGR suggested postponing their offshore campaign until early 2021.

In line with its commitment to an open, transparent, and scientifically rigorous testing program, GSR has also agreed to postpone the launch of the *Patania II* expedition to ensure that an independent scientific monitoring of the trial will still take place. GSR will – in collaboration with JPIO II – invite independent scientists to join the mission and monitor its activities when *Patania II* launches in due course.

GSR remains focused on the successful collection of polymetallic nodules from the seafloor and believes that responsible nodule collection can help meet future metal demand and provide an environmentally and socially responsible alternative to the development of land-based mineral resources.

Norway

Since about five years, when the first successful reports about the exploration on marine minerals, especially on seafloor massive sulfides (SMS), within the Norwegian EEZ were published (see Fig. 8), intensive discussions on future cooperation between Norwegian marine stakeholders and the DSMA started.

The Norwegian Ministry of Foreign Affairs initiated the first bilateral seminar on seafloor minerals and deep-sea mining. It took place in Oslo in the headquarters of DNVGL at May 30, 2017. It was a very fruitful meeting with participants from politics, industry and science. As one important result of this seminar, the next German-Norwegian seminar was already arranged for end of September 2017 in Berlin.

Due to the fact, that in Norway no association similar to the DSMA existed, it took some time to do the next steps to intensify the cooperation between Norwegian and German stakeholders. Finally in February 2019 the Norwegian Forum for Marine Minerals (NMM), the Norwegian pendant to the DSMA, was founded and some months later on July 1st 2019 the Norwegian government issued the new and important law on the marine minerals within the Norwegian EEZ.

At the latest Norwegian-German workshop at December 10th 2019 in Hamburg, new joint steps, activities and goals were envisaged. However, due to the worldwide Covid-19 shutdown the bilateral discussions between the DSMA and the Norwegian Forum for Marine Minerals (NMM) are proceeding slowly. The follow-up of these planned cooperation efforts started again in May via video conferences between the management of the NMM Forum and the DSMA. The following three major goals were agreed:

- Preparation of a cooperation agreement between NMM and DSMA, based on the bilateral membership of the NMM in the DSMA and vice versa;
- Promotion of closer contact and communication between the members of both associations;
- Promotion and intensification of contacts and communication between the corresponding political players in Norway and Germany based on a soon meeting in the »Royal Norwegian Embassy« in Berlin.

Regarding the intensification of contacts between the Norwegian and German political players, a first meeting has been carried out 28th of July 2020 in the »Royal Embassy of Norway« in Berlin. One of the major results of that meeting was that a joint road map will be prepared to foster the cooperation not only between the two associations but also directly between industrial and political stakeholders.

Summary

The above-discussed cooperation between the DSMA and CMF (France), GSR-DEME (Belgium) and NMM Forum (Norway) were selected for this report, because they are the actual most intense and promising activities of the DSMA. However, the DSMA maintains several other cooperation, which reveal only few activities in the moment, but of course also important on the long run. For example the Interoceanmetal Joint Organization (IOM) from Poland, one of the first license applicants at the International Seabed Authority as well as the Dutch Royal IHC, in Europe one of the first and important companies, which focused on the development of deep-sea mining technology are important international members of the DSMA. Furthermore, the DSMA members themselves

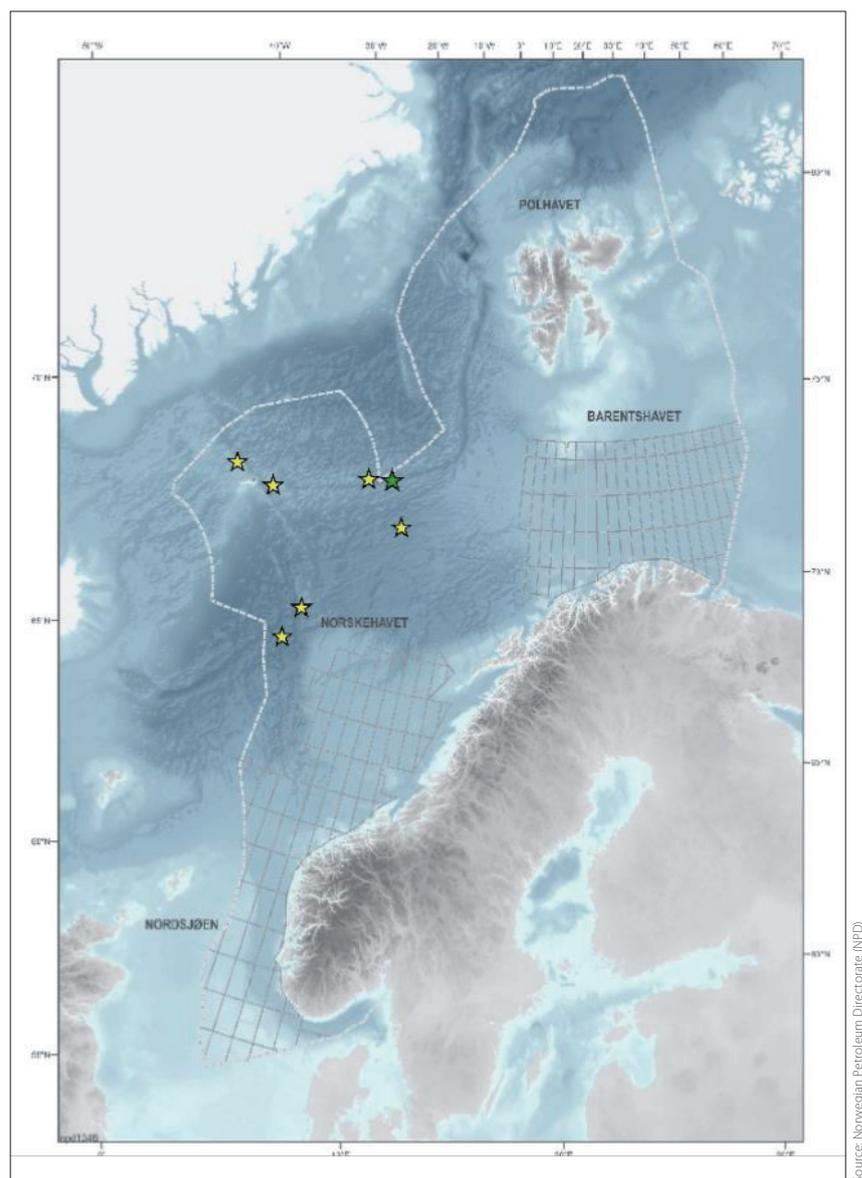


Fig. 8: The Norwegian continental shelf and the EEZ boundaries. The Norwegian EEZ amounts to 2 million km²

maintain a number of cooperation, either on a bilateral base or in European or international R&D projects or joint industry projects.

However, due to the Covid-19 restrictions and the therefrom caused cutback of the before committed activities, causes not yet a shutdown, but clearly a slow-down concerning the seafloor minerals and deep-sea mining business. Especially the focus of politics as well as industrial »global players« has changed completely due to the Corona challenges! //

Tiefseebergbau: Ein Umweltproblem?

Ein Beitrag von LUISE HEINRICH

Technischer Fortschritt und ein steigender Bedarf an Metallen aufgrund anhaltender Trends (z. B. Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, Digitalisierung, Ausbau erneuerbarer Energien und Umstieg auf E-Mobilität) haben das Thema »Tiefseebergbau« nach wechselnden Phasen des Interesses und Desinteresses wieder in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Während Vertreter der Industrie darin in erster Linie eine Chance sehen, lehnen Nichtregierungsorganisationen einen derartigen Eingriff in die Natur oft kategorisch ab. Tatsächlich wäre ein kommerzieller Abbau mariner mineralischer Rohstoffe mit erheblichen, weitgehend unwiderruflichen Umweltfolgen verbunden, darunter die großflächige Zerstörung von Habitat und die mögliche Freisetzung potenziell toxischer Metalle am Meeresboden, die Entstehung von Sedimentfahnen in der Wassersäule und der Ausstoß von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen über der Wasseroberfläche. Gleichzeitig vermeidet er einige der katastrophalsten Auswirkungen des Bergbaus an Land und sollte daher nicht direkt von der Hand gewiesen werden. Der Artikel bietet einen umfassenden Überblick über den Abbau von Manganknollen, Eisenmangankrusten und Massivsulfiden sowie die damit einhergehenden Umweltfolgen.

Tiefseebergbau | Rohstoffe | Umweltfolgen | kritische Metalle | Meeresumwelt
deep sea mining | raw materials | environmental impact | critical metals | marine environment

Technical progress and a growing demand for metals due to continuing trends (e.g. population and economic growth, digitalisation, expansion of renewable energies and switch to e-mobility) have brought the topic of »deep sea mining« back into focus after alternating phases of interest and disinterest. While representatives of the industry primarily see this as an opportunity, non-governmental organisations often categorically reject such an intervention in nature. In fact, commercial mining of marine mineral resources would entail considerable, largely irreversible environmental consequences, including the large-scale destruction of habitats and the possible release of potentially toxic metals on the seabed, the formation of sediment plumes in the water column and the emission of greenhouse gases and other pollutants above the water surface. At the same time, it avoids some of the most catastrophic effects of land-based mining and should therefore not be dismissed. The article provides a comprehensive overview of the mining of manganese nodules, iron manganese crusts and massive sulfides and the associated environmental impacts.

Autorin

Luise Heinrich ist Doktorandin am Department of Physics and Earth Sciences der Jacobs University Bremen.

l.heinrich@jacobs-university.de

1 Einleitung

Im Jahr 1873 entdeckten die Teilnehmer einer Expedition des britischen Forschungsschiffes *HMS Challenger* eine Vielzahl seltsamer schwarzbrauner Klumpen am Meeresgrund, von denen sie einige zu Forschungszwecken an die Oberfläche holten. Die Wissenschaftler an Bord des Schiffes erkannten schnell, dass die mehreren Zentimeter großen, kartoffelförmigen Brocken größtenteils aus Manganoxid bestanden und darüber hinaus noch erhebliche Mengen anderer Metalle enthielten. Da der Fokus der *Challenger*-Expedition in erster Linie jedoch auf der Erforschung der Temperatur, der Topografie und der Strömungsverhältnisse in der Tiefsee lag, verschwanden die während der Fahrt gesammelten Manganknollen zunächst für mehrere Jahrzehnte als »mineralogische Kuriositäten« in Museen und Gesteinssammlungen, bevor man Mitte des 20. Jahrhunderts ihren wirtschaftlichen Wert erkannte (Sparenberg 2019). Eine bedeutende Rolle spielte hierbei der amerikanische Bergbauingenieur John L. Mero, der Manganknollen in

seinem 1965 erschienen Buch *The Mineral Resources of the Sea* aufgrund ihres hohen Metallgehalts und ihrer gewaltigen Vorkommen auf dem Grund fast aller Ozeane als eine nahezu unerschöpfliche Ressource darstellte (Mero 1965). Obwohl sich bald herausstellte, dass Meros Berechnungen auf einer Reihe falscher Annahmen basierten, weckten sie doch das Interesse mehrerer Nationen, die sich mit der Möglichkeit eines großangelegten Abbaus dieses Rohstoffes beschäftigten. Dabei ging es nicht nur um wirtschaftliche Interessen, sondern auch um geostrategische Überlegungen, da ein kommerzieller Tiefseebergbau es besonders Ländern ohne eigene metallische Ressourcen ermöglichen würde, ihre Abhängigkeit von den Exporten anderer Länder zu verringern. Auf eine Phase richtiggehender Goldgräberstimmung in den 1960er- und 1970er-Jahren, während welcher die Ressourcen am Meeresgrund ausgiebig erforscht, ihr wirtschaftliches Potenzial geschätzt und Abbautechnologie entwickelt wurde, folgte jedoch eine Phase der Ernüchterung, als man feststellte, dass

der Abbau mineralischer Ressourcen in der Tiefsee aufgrund der dort vorherrschenden Bedingungen doch nicht so einfach zu bewerkstelligen war und sich wirtschaftlich aufgrund fallender Metallpreise auch nicht rechnete (Sparenberg 2019). In den letzten zwei Jahrzehnten haben zwei Trends das Interesse an einem kommerziellen Tiefseebergbau jedoch wieder neu entfacht: die zunehmende Digitalisierung und der Kampf gegen den Klimawandel. Sowohl Computer und Smartphones als auch die Technologien für erneuerbare Energien und elektrische Fahrzeuge benötigen in der Herstellung große Mengen an Metallen (Hein et al. 2015). Bisher werden diese hauptsächlich über den Landbergbau gewonnen. Abnehmende Metallgehalte erfordern jedoch die horizontale sowie vertikale Ausdehnung bestehender Abbaugelände oder die Schaffung neuer Bergwerke in immer entfernteren Gegenden (Mudd 2020). Ein Abbau mineralischer Ressourcen in der Tiefsee rückt daher zunehmend in den Fokus. Aber wie sähe so ein Abbau aus, wo würde er stattfinden und welche Folgen hätte ein kommerzieller Tiefseebergbau für die Umwelt? Die folgenden Ausführungen basieren unter anderem auf einem Review-Artikel, der neben den Umweltfolgen des Tiefseebergbaus auch soziale, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte diskutiert (Koschinsky et al. 2018). In weiteren Artikeln dieser Ausgabe wird der Tiefseebergbau hinsichtlich seiner wirtschaftlichen Bedeutung für Technologie und Industrie beleuchtet, des Weiteren wird der rechtliche Rahmen eines kommerziellen Abbaus diskutiert.

2 Marine mineralische Ressourcen

Neben den 1873 entdeckten Manganknollen interessieren sich Wissenschaft und Wirtschaft heute noch für zwei weitere in den 1970ern und 1980ern entdeckte Lagerstättentypen: Eisenmangankrusten und Massivsulfide. Alle drei enthalten signifikante Mengen wirtschaftlich relevanter Metalle, unterscheiden sich aber zum Teil erheblich bezüglich ihrer Entstehung, Form, Zusammensetzung und ökologischem Umfeld.

Bei Manganknollen handelt es sich um mehrere Zentimeter große kartoffelförmige Klumpen. Manganknollen sind über einen Zeitraum von mehreren Millionen Jahren durch die Ausfällung von im Meerwasser und im Porenwasser des Sediments gelöster Metalle entstanden, die sich nach und nach an einer festen Struktur, beispielsweise einem Haifischzahn oder einem Stück Muschelschale, abgelagert haben. Sie bestehen aus konzentrisch angeordneten Eisen- und Manganoxidlagen und enthalten größere Mengen anderer Metalle, wie z. B. Nickel, Kobalt und Kupfer, denen das primäre wirtschaftliche Interesse gilt. Darüber hinaus enthalten sie spezielle Metalle, die zunehmend an Bedeutung gewinnen, wie Molybdän, Platin und Seltene Erden (Hein und Koschinsky

2014). Manganknollen kommen hauptsächlich auf Tiefseeebenen in 3500 bis 6000 m Wassertiefe vor (Abb. 1), wo sie lose in und auf der obersten Sedimentschicht zu finden sind. Von besonderem wirtschaftlichen Interesse sind aufgrund einer hohen Belegungsdichte an Knollen mit einem ausreichend hohen Metallgehalt und einer weitgehend ebenen Topografie die Clarion-Clipperton-Zone (CCZ) im Zentralpazifik zwischen Mexiko und Hawaii, das Peru-Becken, das Penrhyn-Becken in der Nähe der Cookinseln und der zentrale Indische Ozean (Petersen et al. 2016) (Abb. 2). Konzepte für den kommerziellen Abbau von Manganknollen sehen die Verwendung von ferngesteuerten Unterwasserfahrzeugen vor, welche die Manganknollen am Meeresboden aufsammeln und größere Stücke zerkleinern. Anschließend würden diese durch ein Rohr in Richtung Wasseroberfläche gepumpt und an Bord eines sich über der Abbaufäche befindlichen Schiffes von überschüssigem Wasser und Sediment befreit. Das Sediment-Wasser-Gemisch wird ins Meer zurückgepumpt und die Manganknollen werden an der Luft getrocknet und gelagert, bis sie von Transportschiffen abgeholt und zur weiteren Verarbeitung an Land gebracht werden (Blue Mining 2014; SPC 2013b). Die meisten Konzepte sehen einen jährlichen Abbau von 1,5 bis 3 Millionen Trockentonnen pro Abbaufäche vor (Sharma 2011).

Eisenmangankrusten bestehen ähnlich wie Manganknollen aus alternierenden Mangan- und Eisenoxidlagen. Im Gegensatz zu den kugelförmigen Manganknollen bilden sie jedoch flache Lagen an den Hängen von Tiefseebergen in Wassertiefen zwischen 800 und 2500 m (Halbach et al. 1982; Hein und Koschinsky 2014) (Abb. 1). Sie

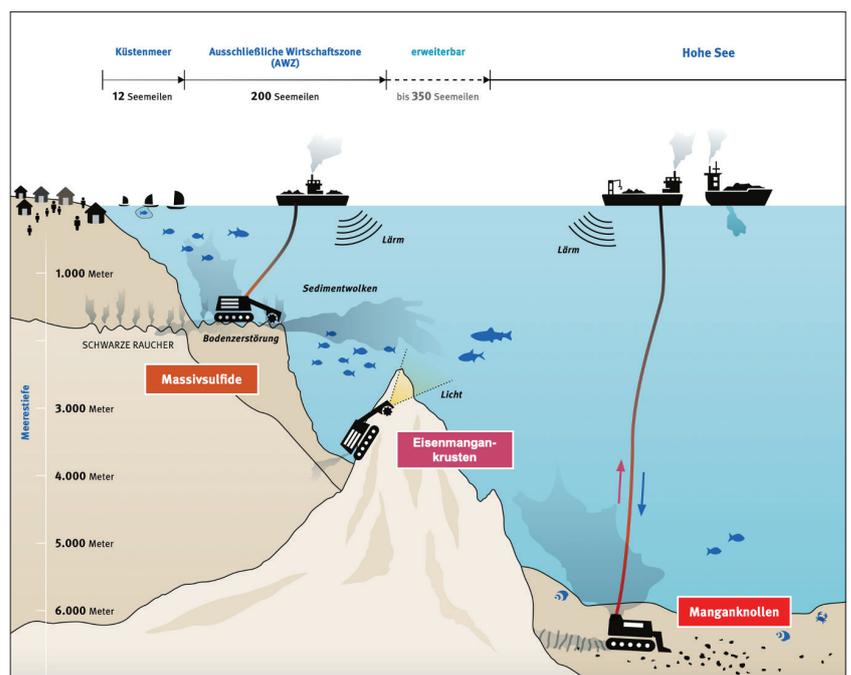


Abb. 1: Nicht maßstabsgetreue schematische Darstellung des kommerziellen Tiefseebergbaus und der damit verbundenen Umweltfolgen

enthalten ebenfalls eine beachtliche Menge wirtschaftlich relevanter Metalle, wie z. B. Nickel, Kupfer, Kobalt, Molybdän, Platin und Seltene Erden. Von besonderem Interesse ist die zwischen den Hawaiianischen Inseln und dem Marianengraben gelegene Prime Crust Zone (PCZ), in der sich Eisenmangankrusten mit besonders hohen Metallgehalten befinden (Abb. 2). Aufgrund ihrer festen Verbindung mit dem darunterliegenden Gestein sowie ihrer Schräglage am Hang gilt der Abbau von Eisenmangankrusten als besonders schwierig (SPC 2013a). Bis auf ein paar wenige Ideen für den Einsatz mechanischer Schneidegeräte oder Wasserstrahlensysteme gibt es zurzeit noch keine konkreten Konzepte für einen großangelegten Abbau bei diesem Lagerstättentyp.

Massivsulfide sind massive, größtenteils aus Metall-Schwefel-Verbindungen bestehende Ablagerungen am Meeresboden. Sie entstehen in geologisch aktiven Regionen, in denen heiße, saure, metall- und schwefelhaltige Hydrothermalfluide aus dem Untergrund ins Meer strömen. An diesen Stellen dringt Meerwasser tief in den Untergrund ein, wird dort auf mehrere hundert Grad erhitzt, und löst Schwefel und Metalle aus dem umgebenden Gestein. Das heiße Fluid steigt aufgrund seiner geringeren Dichte auf und fließt Richtung Meeresboden zurück, wo es sehr schnell abkühlt. Wo die heißen Fluide und das kalte sauerstoffreiche Umgebungswasser aufeinandertreffen, verbinden sich die gelösten Metalle mit dem Schwefel zu Sulfiden und bilden im Untergrund Massivsulfid-Lagerstätten und am Meeresboden meterhohe Erzschorne (Smoker), aus denen heiße Fluide und partikulärer schwarzer »Rauch« austritt, der sich im Umfeld der Hydrothermalquellen ablagert. Die Wissenschaft schätzt, dass es weltweit zwischen 500 und 1000 größere Massivsulfidvorkommen gibt, von denen bisher knapp über 300 entdeckt wurden (Francheteau et al. 1979; Fuchs et al. 2019; SPC 2013c). Massivsulfidvorkommen haben einen hohen Eisengehalt und enthalten außerdem große Mengen Kupfer, Zink,

Silber und Gold. Sie sind in ihrer Ausdehnung zwar deutlich kleiner als Felder von Manganknollen und Eisenmangankrusten, können sich aber unregelmäßig mehrere hundert Meter in den Tiefseeböden hinein erstrecken. Obwohl dies eine zuverlässige Einschätzung ihres Rohstoffpotenzials sowie ihren Abbau erheblich erschwert, wurde lange Zeit davon ausgegangen, dass Massivsulfide aufgrund ihrer oft küsten- oder inselnahen Lage und geringen Wassertiefe (Abb. 1) als erste abgebaut werden würden. Vorreiter auf diesem Gebiet war für längere Zeit die kanadische Firma Nautilus Minerals, die als erstes Unternehmen Massivsulfide in einem Gebiet namens Solwara 1 vor der Küste Papua-Neuguineas abbauen wollte. Aufgrund anhaltender finanzieller Schwierigkeiten sah sich das Unternehmen allerdings im vergangenen Jahr dazu gezwungen, trotz fertigentwickelter Geräte und eines eigens für diesen Zweck gebauten Abbauschiffes Insolvenz anzumelden. Das Abbaukonzept von Nautilus Minerals sah den Einsatz verschiedener unbemannter Schneide- und Sammelfahrzeuge vor, die das Gestein am Boden aufbrechen und kleinere Stücke einsammeln. Anschließend sollte das Material durch ein Rohr an Bord eines Abbauschiffes gepumpt werden, wo es zwischengelagert und schließlich von Transportschiffen zur metallurgischen Verarbeitung an Land gebracht worden wäre. Neben Papua-Neuguinea interessiert sich vor allem Japan für einen Abbau von Massivsulfiden in den Küstengewässern des Landes. In diesem Zusammenhang berichtete das japanische Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) im Jahr 2017 von einem erfolgreich durchgeführten Pilottest in der Nähe des Okinawa-Trog.

3 Umweltfolgen eines kommerziellen Tiefseebergbaus

Ein großflächiger Abbau mariner mineralischer Ressourcen wäre mit erheblichen Umweltfolgen verbunden, die jedoch für jeden Lagerstättentyp unterschiedlich ausfallen würden. Probleme entstehen dabei hauptsächlich am Meeresboden, aber auch in der Wassersäule und oberhalb der Wasseroberfläche.

Meeresboden

In der Umgebung von Manganknollenfeldern ist es dunkel und kalt, es herrscht ein enormer Druck und die Strömungen am Meeresboden sind meist sehr langsam. Die oberen 10 cm des Sediments werden von sesshaften Organismen bewohnt, die die Manganknollen als festes Substrat nutzen. Darüber hinaus gibt es einige mobile Arten, die in und auf dem weichen Tiefseesediment leben. Die Bewohner der Tiefsee betreiben aufgrund der vorherrschenden Dunkelheit keine Fotosynthese, sondern ernähren sich von organischen Partikeln, die von der Meeresoberfläche herabsinken. Ein

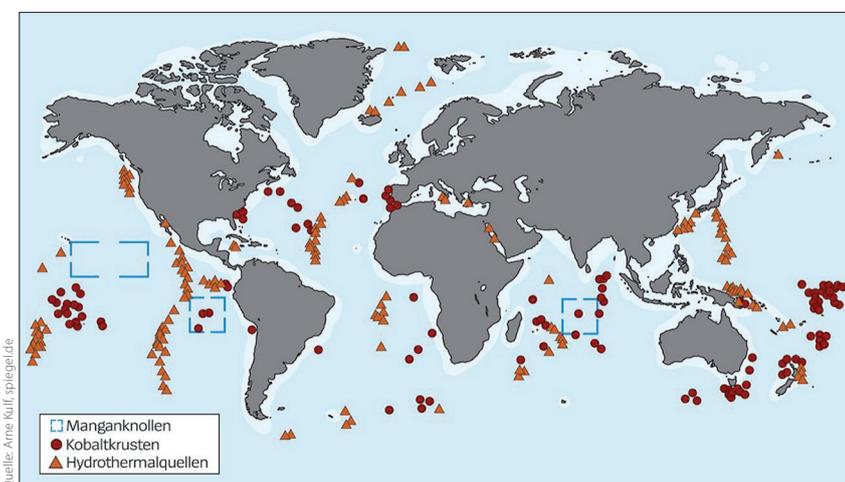


Abb. 2: Rohstoffvorkommen in der Tiefsee

kommerzieller Abbau von Manganknollen würde den Lebensraum dieser Organismen zerstören. Sesshafte Organismen würden durch die großflächige Entfernung von Manganknollen ihren festen Untergrund dauerhaft verlieren, während mobile Organismen durch aufgewirbeltes und anschließend wieder absinkendes Sediment begraben werden könnten. Auch eine Verdichtung des Sediments durch Unterwasserfahrzeuge wäre denkbar und könnte zur Zerstörung des Habitats beitragen. Besonders betroffen wären dabei sogenannte Filtrierer, die ihre Nahrung aus dem Meerwasser herausfiltern und deshalb auf einen sedimentfreien Wasserfluss angewiesen sind (SPC 2013b).

Die Umweltfolgen eines kommerziellen Manganknollenabbaus werden seit mehreren Jahrzehnten von verschiedenen Ländern sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene erforscht. Zu den prominentesten Beispielen für Forschungsmissionen zählen in dieser Hinsicht die Deep Ocean Mining Environment Study (DOMES, 1972–1981, USA), die die Umweltfolgen zweier von der Ocean Mining Inc. (OMI) und den Ocean Mining Associates (OMA) ausgeführter Pilotversuche analysierte und überwachte, das Japan Deep-Sea Impact Experiment, das sich besonders auf die Folgen einer Aufwirbelung des Sediments für das Tiefseeökosystem konzentrierte, und das europäische MIDAS-Projekt (2013–2016), das sich allgemein mit den Folgen eines kommerziellen Abbaus verschiedener mariner Ressourcen beschäftigte. Eine besondere Bedeutung kommt außerdem dem deutschen Disturbance and Re-colonization Experiment (DISCOL) zu, das im Jahr 1989 den kommerziellen Abbau von Manganknollen im Peru-Becken durch systematisches Pflügen einer 11 km² großen Fläche simulierte, um die ökologischen Folgen dieser Aktivität sowie die Wiederbesiedlung des betroffenen Gebiets innerhalb von sieben Jahren zu untersuchen. Mehrere Forschungsfahrten in die Region, unter anderem im Rahmen der Joint Programming Initiative Healthy and Productive Seas and Oceans (JPI Oceans – Mining Impact, 2015–2017) in den folgenden Jahrzehnten zeigten, dass die 1989 verursachten Spuren auch viele Jahre später noch gut sichtbar sind. Dies ist nicht überraschend, da die biologischen und biogeochemischen Prozesse in der Tiefsee sehr langsam ablaufen. Die Sedimentationsrate beträgt in dieser Tiefe beispielsweise nur einen Millimeter pro tausend Jahre. Untersuchungen mit Hilfe von Videoaufnahmen in Gebieten, in denen der Abbau von Manganknollen simuliert wurde, bestätigten, dass die Wiederbesiedlung der zuvor zerstörten Gebiete durch mobile Organismen sehr gering und die durch sesshafte Organismen wegen der dauerhaften Entfernung der Manganknollen nahezu unmöglich ist (Vanreusel et al. 2016).

Eisenmangankrusten werden weitestgehend von sesshaften Organismen wie Korallen, Anemo-

nen und Schwämmen besiedelt, wobei die Zusammensetzung der Artengemeinschaft von verschiedenen Faktoren, wie Wassertiefe, -temperatur und Strömung, beeinflusst wird (Clark et al. 2010). Die dauerhafte Entfernung der Eisenmangankrusten würde dementsprechend hauptsächlich zu einem großflächigen Verlust von Lebensraum führen. Ähnlich wie bei Manganknollen wird die Wiederbesiedlung des Gebiets sehr lange dauern und die Zusammensetzung der Artengemeinschaft wird sich erheblich von der ursprünglichen Zusammensetzung unterscheiden, da die ansässigen Arten oft langlebig sind und sich nur sehr langsam fortpflanzen. Daher ist es wahrscheinlich, dass die zerstörten Flächen zunächst von sich schneller vermehrenden Arten dominiert werden würden. An Orten, wo Eisenmangankrusten mit Sediment bedeckt sind, könnte es ebenfalls zur Aufwirbelung von Sediment kommen, das anschließend Organismen in der Nähe des Abbaubereiches unter sich begraben würde. Auch hier wären besonders die Filtrierer betroffen (SPC 2013a).

In der Umgebung der Massivsulfide werden zwei Arten von Ökosystemen unterschieden: Während die aktiven Hydrothermalquellen, also die aktiven Raucher, von einer Reihe endemischer, das heißt speziell angepasster Arten bewohnt werden, unterscheidet sich das Ökosystem im Umfeld inaktiver Quellen nur unwesentlich von dem der umgebenden Tiefsee. Die Fauna, darunter unter anderem Schnecken, Muscheln, Garnelen und Röhrenwürmer, in direkter Umgebung der Raucher zeichnet sich durch eine hohe Biomasse, aber geringe Diversität aus. Viele der dort lebenden Arten sind auf symbiotische Beziehungen mit chemotrophen Mikroorganismen angewiesen, um ihr Überleben zu sichern. Die periphere Fauna, also die Arten, die sich in der weiteren Umgebung oder in der Nähe inaktiver Raucher ansiedeln, besteht wie im Falle der Eisenmangankrusten hauptsächlich aus Schwämmen, Korallen und Anemonen (Van Dover 2011, 2004). Ähnlich wie bei den anderen beiden Lagerstättentypen, würde der Abbau von Massivsulfiden mit dem Verlust von Lebensraum einhergehen, was vor allem sesshafte Organismen beeinträchtigen würde. Aktive Hydrothermalquellen wachsen und kollabieren allerdings auch ohne menschliches Zutun nach Monaten bis Jahrhunderten. Die Wiederbesiedlung der Umgebung nach einer Zerstörung würde aus diesem Grund vermutlich deutlich schneller vonstatten gehen, als es bei den anderen beiden Lagerstättentypen der Fall wäre. Da die Folgen eines künstlichen Eingriffs in das weitläufige Netz aktiver Hydrothermalquellen jedoch unvorhersehbare Folgen sowohl an der Abbaustelle als auch in weiterer Entfernung haben könnte, wird sich der kommerzielle Abbau von Massivsulfiden voraussichtlich auf inaktive Systeme beschränken. In diesen Gebieten wären die Folgen eines Abbaus allerdings deutlich lang-

wieriger. Da die von einem Abbau betroffenen Gebiete jedoch verhältnismäßig klein wären, wären die Umweltwirkungen des Abbaus sowohl auf zeitlicher als auch auf räumlicher Ebene begrenzt (SPC 2013c).

Neben biologischen Auswirkungen kann der Tiefseebergbau auch zu geochemischen Veränderungen an der Grenze zwischen Sediment und Bodenwasser kommen (Koschinsky et al. 2001). Experimentelle Studien deuten beispielsweise auf eine mögliche Freisetzung potenziell toxischer Metalle aus Sediment und Porenwasser als Konsequenz des Manganknollenabbaus hin. Das Ausmaß dieser Umweltfolge hängt jedoch stark davon ab, bis zu welcher Tiefe Sauerstoff in das Tiefseesediment eindringt. Da sich Mangan und andere Metalle in einem suboxischen Milieu in Lösung befinden, würde es bei einer besonders tiefen Störung des Sediments durch Unterwasserfahrzeuge zu einer messbaren Freisetzung der Metalle ins Bodenwasser kommen (Fritsche et al. 2001). Die Wissenschaft geht allerdings davon aus, dass die Sauerstoffeindringtiefe in der Clarion-Clipperton-Zone mit 1,5 m ausreichend tief ist, sodass Mangan- und Metalloxide in fester Form vorliegen und das Problem in dieser Region somit keine Rolle spielen wird (Mewes et al. 2014). Anders sähe die Situation im Peru-Becken aus, wo die Sauerstoffeindringtiefe lediglich 5 bis 10 cm beträgt (Fritsche et al. 2001). Ein kommerzieller Abbau von Manganknollen im Peru-Becken in naher Zukunft gilt derzeit jedoch als unwahrscheinlich. Der Abbau von Eisenmangankrusten wäre vermutlich nicht mit einer Freisetzung toxischer Metalle verbunden, solange er nicht in der Sauerstoff-Minimum-Zone (ca. 500 bis 1000 m Wassertiefe) stattfindet. Da sich Eisenmangankrusten allerdings nur in sauerstoffreichem Wasser bilden, ist die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Fall eintritt, jedoch äußerst gering (Koschinsky und Halbach 1995). Im Umfeld von Massivsulfiden würden sich die ökologischen Folgen einer Freisetzung toxischer Metalle voraussichtlich in Grenzen halten, da die dort lebenden Organismen die Freisetzung der schwefel- und metallhaltigen Hydrothermalfluide gewohnt und dementsprechend angepasst sind (Koschinsky 2016).

Wassersäule

Beim Abbau mariner mineralischer Ressourcen kann es während des Betriebs der Unterwasserfahrzeuge, beim Transport der mineralischen Rohstoffe vom Meeresboden zur Wasseroberfläche und bei der Rückführung des Waschwassers zur Entstehung von Sedimentfahnen kommen. Je nachdem, wo sich diese Sedimentwolken in der Wassersäule bilden, könnten sie die Lichtdurchlässigkeit des Wassers reduzieren und somit die primäre Produktivität in den oberen Wasserschichten direkt und die Nährstoffversorgung in den tieferliegenden Lagen indirekt beeinflussen. Außerdem

könnten sie eine örtliche Verringerung des Sauerstoffgehalts zur Folge haben. Darüber hinaus kann sich das Wasser-Sediment-Gemisch, das beim Abbau mit den Knollen an Bord des Schiffes geholt und anschließend in die Wassersäule zurückgepumpt wird, bezüglich seines Salzgehaltes, seiner Metall- und Nährstoffkonzentrationen sowie seiner Temperatur von dem Wasser in der Umgebung des Einlasses unterscheiden, was die dort lebenden Organismen negativ beeinflussen könnte. Auch wenn es möglich ist, dass die Sedimentpartikel in der Wassersäule manchen Organismen auch als zusätzliche Nährstoffquelle dienen könnten, wird dazu geraten, das Wasser möglichst dorthin zurückzupumpen, wo es entnommen wurde, also in die Nähe des Meeresbodens. Da die Sedimentfahnen mit den Meeresströmungen treiben würden, wurde für lange Zeit angenommen, dass sich die Partikel über weite Distanzen ausbreiten und negative Folgen daher auch weit außerhalb des Abbaugebiets auftreten könnten. Jüngere Experimente und Modellrechnungen deuten jedoch darauf hin, dass die Ausbreitung der Sedimentwolke durch die Agglomeration und das damit verbundene Absinken der Partikel vermutlich geringer ist. Daran, dass die betroffene Fläche die Ausmaße des eigentlichen Abbaugebietes übersteigen wird, besteht dennoch kein Zweifel (Gillard et al. 2019).

Durch den Betrieb der Unterwasserfahrzeuge, der Pumpen und des Abbauschiffes an der Oberfläche könnte es in der gesamten Wassersäule auch zu einer Belastung der Organismen durch Licht und Lärm kommen. Über die genauen Ausmaße und Folgen dieses Problems ist bisher allerdings nur wenig bekannt (Weaver et al. 2018).

Atmosphäre

Der Abbau mariner mineralischer Ressourcen wird mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden sein. Da sich die Abbaugebiete weit entfernt jeglicher Küsten befinden werden, wird davon ausgegangen, dass die für den Abbau benötigte Energie durch die Verbrennung von Schweröl oder Schiffsdiesel an Bord der Abbauschiffe bereitgestellt werden wird. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe wird den Ausstoß von Treibhausgasen, wie Kohlendioxid, Methan und Distickstoffmonoxid, sowie die Freisetzung von anderen Schadstoffen, wie Schwefel- und Stickoxiden, Kohlenmonoxid, flüchtigen organischen Verbindungen und Feinstaub, zur Folge haben und damit zum globalen Klimawandel beitragen (Heinrich et al. 2020).

4 Öffentliche Wahrnehmung

Während das Interesse an einem kommerziellen Tiefseebergbau anfänglich auf dem Glauben an den technologischen Fortschritt und an die Unterwerfung der Umwelt zur Förderung des menschlichen Wohlstands basierte, wick das

bedingungslose Streben nach Fortschritt und Wachstum in der Bevölkerung Ende der 1970er-Jahre einer zunehmenden Skepsis und einem wachsenden Umweltbewusstsein. Aus diesem Grund gewann die Umweltbegleitforschung besonders seit den 1980er-Jahren zunehmend an Stellenwert. In der Öffentlichkeit fand das Thema »Tiefseebergbau« über lange Zeit hinweg allerdings kaum Beachtung (Sparenberg 2019). Dies änderte sich erst in den letzten Jahren, seit der Tiefseebergbau aufgrund der steigenden Nachfrage nach Metallen und des anhaltenden technologischen Fortschritts auf dem Gebiet eine zunehmende mediale Aufmerksamkeit erhält. Dabei werden besonders kritische Stimmen laut. Im Moment stehen vor allem Meeresbiologen, Nichtregierungsorganisationen und Teile der Bevölkerung dem Tiefseebergbau aufgrund seiner ausgeprägten Umweltfolgen und der noch ausgeprägten Wissenslücken kritisch gegenüber. Insbesondere küstennahe Gemeinden, die in der Nähe möglicher Abbaugelände leben, wie Solwara 1 vor der Küste Papua-Neuguineas, fürchten, dass sich der Abbau mariner mineralischer Ressourcen negativ auf das Ökosystem und damit auf ihre Lebensgrundlage, oftmals Fischerei, auswirkt. Darüber hinaus hat das Meer vor allem bei nicht-westlichen Gemeinschaften eine große kulturelle und spirituelle Bedeutung, die sie vom Tiefseebergbau bedroht sehen. Über die tatsächlichen Auswirkungen für die küstennahe Bevölkerung sowie die sozialen und gesellschaftlichen Folgen des Tiefseebergbaus im Allgemeinen ist bisher wenig bekannt (Roche und Bice 2013). Die meisten Abbaugelände werden sich jedoch voraussichtlich in weiter Entfernung zu Küsten befinden, weshalb sich die direkten Auswirkungen auf Fischerei und Tourismus in Grenzen halten könnten. Trotzdem fürchten küstennahe Gemeinden bei der Entscheidung für oder gegen den Tiefseebergbau vor ihren Küsten übergangen zu werden (BSSIPC 2008). Widerstand gegen den Abbau mariner mineralischer Ressourcen findet sich allerdings auch in Gebieten, in denen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit keine negativen Umweltfolgen zu erwarten sind. So veröffentlichten die deutschen zivilgesellschaftlichen Organisationen gemeinsam ein Positionspapier, in dem sie erklärten, dass der Tiefseebergbau eine Hochrisikotechnologie und eine Belastung für Mensch und Umwelt darstellen würde (Maier 2018). Wenig überraschend vertreten Industrievertreter eine eher positive Sichtweise. Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) hebt dabei beispielsweise die Chancen für den deutschen Maschinenbau und den metallverarbeitenden Sektor und das mit der Aktivität verbundene Innovationspotenzial besonders hervor (BDI 2017). Große Einigkeit herrscht jedoch auf beiden Seiten, dass ein kommerzieller Tiefseebergbau – sollte er

irgendwann zur Realität werden – strikte Umweltauflagen erfüllen muss.

5 Umweltschutz

Für die Regulierung der Umweltfolgen sind je nach Lage der Abbaugelände in den Hoheitsgewässern und Ausschließlichen Wirtschaftszonen oder im internationalen Gebiet entweder die Küstenstaaten oder die Internationale Meeresbodenbehörde (International Seabed Authority – ISA) zuständig. Im Rahmen ihrer Zuständigkeit hat die ISA bisher drei umfassende Regeln für die Erforschung von Manganknollen, Eisenmangankrusten und Massivsulfiden erlassen. Zusammen mit den dazugehörigen Abbauregeln, die sich momentan im Entwurf befinden, werden diese Regelwerke den sogenannten »Mining Code« bilden. Darüber hinaus hat die ISA bereits Empfehlungen ausgesprochen, die unter anderem Vorgaben für den Inhalt der Umweltverträglichkeitsprüfung enthalten. Auch wenn diese Empfehlungen im Prinzip nicht rechtlich bindend sind, werden sie trotzdem befolgt. Weitere wichtige Bestandteile der Strategie zur Reduzierung negativer Umweltfolgen sind die Festlegung von Umweltstandards und die Erstellung regionaler Umweltmanagementpläne. In unmittelbarer Nähe des für den Manganknollenabbau vorgesehenen Gebiets in der CCZ hat die ISA beispielsweise neun 400 km × 400 km große Umweltschutzgebiete, sogenannte »Areas of Particular Environmental Interest« (APEI) deklariert. APEIs sollen das gesamte Spektrum der Lebensräume, der Artenvielfalt und der Funktionen des Ökosystems der Region abdecken. Innerhalb der Abbaugelände sollen sogenannte »Preservation Reference Zones« (PRZ) und »Impact Reference Zones« (IRZ) definiert werden, bei denen es sich um Gebiete handelt, die vom Tiefseebergbau unberührte bzw. beeinträchtigte Ökosysteme repräsentieren und somit einen direkten Vorher-Nachher-Vergleich erlauben (Jones et al. 2019). Die Identifizierung geeigneter vergleichbarer Flächen ist aufgrund lokaler Unterschiede der belebten und unbelebten Umwelt oft nicht trivial und stößt auch in der Wissenschaft auf Kritik.

6 Schlussfolgerung

Trotz der ausgeprägten negativen Folgen des Tiefseebergbaus gibt es Argumente, den Abbau mariner mineralischer Ressourcen nicht pauschal von der Hand zu weisen, denn auch der Landbergbau verursacht massive ökologische und soziale Probleme, die zu erheblichen langfristigen Schäden führen. Tatsächlich kommen mehrere Studien zu dem Schluss, dass der Tiefseebergbau dem Landbergbau aus ökologischer und ethischer Perspektive möglicherweise vorzuziehen sei (z. B. Batker und Schmidt 2015; Paulikas et al. 2020). Sie berufen sich dabei hauptsächlich auf die Tatsache, dass der Landbergbau große negative Auswirkungen auf

die sogenannten Ökosystemdienstleistungen hat, also auf den Nutzen, den der Mensch aus intakten Ökosystemen zieht, während der Tiefseebergbau hierbei kaum direkte Auswirkungen hat. So erfordert der Tiefseebergbau beispielsweise keine Abholzung von Wäldern, keine Umsiedlung der lokalen Bevölkerung, produziert deutlich weniger Abfälle und hat keine Auswirkungen auf die Qualität von Trinkwasservorräten. Außerdem würde für den Tiefseebergbau ausschließlich mobile Infrastruktur wie Schiffe und Unterwasserfahrzeuge eingesetzt, während der Landbergbau den Bau von Straßen und Gebäuden erfordert, die nach der Stilllegung der Bergwerke meist nicht abgebaut werden (Koschinsky et al. 2018). Da eine Vorkonzentrierung mariner mineralischer Rohstoffe im Vorfeld der metallurgischen Verarbeitung oft nicht möglich ist, entstehen beim Tiefseebergbau deutlich weniger Abfälle, auch Tailings genannt. Dabei handelt es sich im Landbergbau um feinkörnigen, oft toxischen Schlamm, der in großen Absatzbecken gelagert wird. Diese sogenannten »tailings dams« können zum Schauplatz schwerer Unfälle werden. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Dambruch von Bento Rodrigues im November 2015, in dessen Folge ungefähr 50 Millionen Kubikmeter teilweise toxischen Schlamm in den Atlantik flossen, was nicht nur zu einer großflächigen Kontamination der Umwelt mit toxischen Metallen führte und die Trinkwasserversorgung unterbrach. Durch die Entstehung von Schlammlawinen wurden mehrere hunderttausend Menschen obdachlos und knapp 20 Menschen direkt in den Tod gerissen (Miranda und Marques 2016). Auch auf gesellschaftlicher Ebene könnte der Tiefseeberg-

bau die bessere Wahl sein, da er hochqualifizierte Arbeitskräfte erfordert und die Ausbeutung der lokalen Bevölkerung und den Einsatz von Kindern, wie es in vielen Bergwerken an Land der Fall ist, unwahrscheinlich bis unmöglich macht. Gleichzeitig muss natürlich bedacht werden, dass es an Land grundsätzlich die Möglichkeit der Renaturierung gibt und die Umwelt die Möglichkeit hat, sich zumindest zu einem gewissen Grad wieder von dem Eingriff durch den Menschen zu erholen. In der Tiefsee ist diese Möglichkeit in menschlichen Zeiträumen kaum gegeben. Es gibt zwar Ideen, die Wiederbesiedlung zerstörter Gebiete durch das Einbringen künstlicher Manganknollen oder anderer fester Strukturen zu beschleunigen, was bisher allerdings sowohl von wissenschaftlicher als auch von wirtschaftlicher Seite als wenig sinnvoll erachtet wird. Schlussendlich handelt es sich bei der Entscheidung zwischen Land- und Tiefseebergbau um die Wahl zwischen zwei Übeln. Eine wirkliche Lösung böte nur die Förderung der Kreislaufwirtschaft, also den Ausbau des Metallrecyclings, sowie die Reduzierung unseres Metallkonsums. Ob dies angesichts des anhaltenden Bevölkerungswachstums und der ständig zunehmenden Nachfrage nach Metallen ausreichen würde, ist jedoch fraglich. Es ist auch eine gesellschaftliche Entscheidung, welchen Ressourcenverbrauch für Computer und Smartphone wir für akzeptabel halten und wie der Ausbau erneuerbarer Energien und der Umstieg auf erneuerbare Energien gestaltet werden soll. Auch unter diesem Aspekt lohnt es sich, sich mit dem Thema »Tiefseebergbau« auseinanderzusetzen, um alle direkten und indirekten Vor- und Nachteile gründlich abzuwägen. //

References

- Batker, David; Rowan Schmidt (2015): Environmental and social benchmarking analysis of Nautilus Minerals Inc. Solwara 1 project
- BDI (2017): Potenziale des Tiefseebergbaus. <https://bdi.eu/artikel/news/potenziale-des-tiefseebergbaus/>
- BSSIPC (2008): Bismarck Solomon Seas Indigenous Peoples Council (BSSIPC)
- Blue Mining (2014): Blue Mining: Breakthrough solutions for sustainable deep-sea mining. <https://bluemining.eu/facts-and-figures/>
- Clark, Malcolm R.; Ashley A. Rowden; Thomas Schlacher et al. (2010). The ecology of seamounts: Structure, function, and human impacts. *Annual Review of Marine Science*, DOI: 10.1146/annurev-marine-120308-081109
- Francheteau, Jean; H. David Needham; Pierre Choukroune et al. (1979): Massive deep-sea sulphide ore deposits discovered on the East Pacific Rise. *Nature*, DOI: 10.1038/277523a0
- Fritsche, Ulrich; Andrea Koschinsky; Andreas Winkler (2001): The different diffusive transport behaviours of some metals in layers of Peru Basin surface sediment. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, DOI: 10.1016/S0967-0645(01)00061-3
- Fuchs, Sebastian; Mark D. Hannington; Sven Petersen (2019): Diving gold in seafloor polymetallic massive sulfide systems. *Mineralium Deposita*, DOI: 10.1007/s00126-019-00895-3
- Gillard, Benjamin; Kaveh Purkiani; Damianos Chatzievangelou et al. (2019): Physical and hydrodynamic properties of deep sea mining-generated, abyssal sediment plumes in the Clarion Clipperton Fracture Zone (eastern-central Pacific). *Elementa Science of the Anthropocene*, DOI: 10.1525/elementa.343
- Halbach, P.; Frank T. Manheim; Peter Otten (1982): Co-rich ferromanganese deposits in the marginal seamount regions of the Central Pacific Basin, results of the Midpac 1981. *Erzmetall*, Vol. 35, Nr. 9, S. 447–453
- Hein, James R.; Andrea Koschinsky (2014): Deep-Ocean ferromanganese crusts and nodules. *Treatise on Geochemistry*, DOI: 10.1016/B978-0-08-095975-7.01111-6
- Hein, James R.; Francesca Spinardi; Nobuyuki Okamoto et al. (2015): Critical metals in manganese nodules from the Cook

- Islands EEZ, abundances and distributions. *Ore Geology Reviews*, DOI: 10.1016/j.oregeorev.2014.12.011
- Heinrich, Luise; Andrea Koschinsky; Till Markus; Pradeep Singh (2020): Quantifying the fuel consumption, greenhouse gas emissions and air pollution of a potential commercial manganese nodule mining operation. *Marine Policy*, DOI: 10.1016/j.marpol.2019.103678
- Jones, Daniel O. B.; Jennifer Durden; Kevin Murphy et al. (2019): Existing environmental management approaches relevant to deep-sea mining. *Marine Policy*, DOI: 10.1016/j.marpol.2019.01.006
- Koschinsky, Andrea (2016): Sources and forms of trace metals taken up by hydrothermal vent mussels, and possible adaption and mitigation strategies. In: *The Handbook of Environmental Chemistry* (50th ed.). Springer International Publishing, DOI: 10.1007/698_2016_2
- Koschinsky, Andrea; Birgit Gaye-Haake; Christine Arndt et al. (2001): Experiments on the influence of sediment disturbances on the biogeochemistry of the deep-sea environment. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, DOI: 10.1016/S0967-0645(01)00060-1
- Koschinsky, Andrea; Peter Halbach (1995): Sequential leaching of marine ferromanganese precipitates: Genetic implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, DOI: 10.1016/0016-7037(95)00358-4
- Koschinsky, Andrea; Luise Heinrich; Klaus Boehnke et al. (2018): Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications. *Integrated Environmental Assessment and Management*, DOI: 10.1002/ieam.4071
- Maier, Jürgen (2018): Position paper of German civil society organisations on deep sea mining. www.asienhaus.de/archiv/asienhaus/erklarungen/Position_paper_on_Deep_Sea_Mining-web.pdf
- Mero, John L. (1965): *The mineral resources of the sea*. Elsevier
- Mewes, Konstantin; José M. Mogollón; Aude Picard et al. (2014): Impact of depositional and biogeochemical processes on small scale variations in nodule abundance in the Clarion-Clipperton Fracture Zone. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, DOI: 10.1016/j.dsr.2014.06.001
- Miranda, Lucília Souza; Antonio Carlos Marques (2016): Hidden impacts of the Samarco mining waste dam collapse to Brazilian marine fauna – an example from the staurozoans (Cnidaria). *Biota Neotropica*, DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2016-0169
- Misereor (2015): *Diskussionspapier: Tiefseebergbau – Unkalkulierbares Risiko für Mensch und Natur – Im Fokus – der Pazifik*
- Mudd, Gavin M. (2020): Metals and elements needed to support future energy systems. In: *Future Energy* (3rd ed.). Elsevier, DOI: 10.1016/b978-0-08-102886-5.00033-5
- Paulikas, Daina; Steven Katona; Erika Ilaves et al. (2020): Where should metals for the green transition come from? *DeepGreen*. https://3421n927z6wq3ktzng37wbqk-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/04/LCA-White-Paper_Where-Should-Metals-for-the-Green-Transition-Come-From_FINAL_low-res.pdf
- Petersen, Sven; Anna Krätschell; Nico Augustin et al. (2016): News from the seabed – Geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources. *Marine Policy*, DOI: 10.1016/j.marpol.2016.03.012
- Roche, Charles; Sarah Bice (2013): Anticipating social and community impacts of deep sea mining. *Deep Sea Minerals and the Green Economy*, S. 59–80
- Sharma, Rahul (2011): Deep-sea mining: Economic, technical, technological, and environmental considerations for sustainable development. *Marine Technology Society Journal*, DOI: 10.4031/MTSJ.45.5.2
- Sparenberg, Ole (2019): A historical perspective on deep-sea mining for manganese nodules , 1965–2019. *The Extractive Industries and Society*, DOI: 10.1016/j.exis.2019.04.001
- SPC (2013a): *Deep Sea Minerals: Cobalt-rich ferromanganese crusts – A physical, biological, environmental, and technical review*. Vol. 1C. Secretariat of the Pacific Community
- SPC (2013b): *Deep Sea Minerals: Manganese nodules – A physical, biological, environmental, and technical review*. Vol. 1B. Secretariat of the Pacific Community
- SPC (2013c): *Deep Sea Minerals: Sea-floor massive sulphides – A physical, biological, environmental, and technical review*. Vol. 1A. Secretariat of the Pacific Community
- Van Dover, Cindy Lee (2011): Mining seafloor massive sulphides and biodiversity: What is at risk? *ICES Journal of Marine Science*, DOI: 10.1093/icesjms/fsq086
- Van Dover, Cindy Lee (2004): The biological environment of polymetallic sulphides deposits, the potential impact of exploration and mining on this environment, and data required to establish environmental baselines in exploration areas. *Proceedings of the International Seabed Authority's Workshop*, S. 169–190
- Vanreusel, Ann; Anna Hilario; Pedro Ribeiro et al. (2016): Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna. *Scientific Reports*, DOI: 10.1038/srep26808
- Weaver, Philip P. E.; David S. M. Billett; Cindy Lee Van Dover (2018): Environmental risks of deep-sea mining. In: *Handbook on Marine Environment Protection*. Springer International Publishing, DOI: 10.1007/978-3-319-60156-4_11

Wie geht's der Hydrographie in der Corona-Krise?

Eine Umfrage von LARS SCHILLER

Anfang September haben wir über zwanzig Leute gefragt, wie sich die Corona-Krise in ihrem Umfeld bemerkbar macht. Jeder sollte dieselben fünf Fragen beantworten. Die ersten Antworten trafen innerhalb von wenigen Stunden ein. Andere ließen sich Zeit oder mussten die Antworten noch mit der Presseabteilung abstimmen. Manche waren gerade im Urlaub oder auf Exkursion und reichten die Antworten nach. Wir drucken die – meist leicht gekürzten – Antworten in der Reihenfolge des Eingangs ab.

At the beginning of September we asked more than twenty people how the Corona crisis is affecting their environment. Everyone was asked to answer the same five questions. The first answers arrived within a few hours. Others took their time or had to coordinate their answers with the press department. Some were on holiday or on an excursion and handed in their answers later. We print the – mostly slightly shortened – answers in the order they were received.

Autor

Lars Schiller ist Chefredakteur der HN und im Hauptberuf Redakteur und Prokurist bei der ZINDEL AG, einem Dienstleister für Technische Kommunikation in Hamburg.

lars.schiller@dhyg.de

Andres Nicola

Geschäftsführer der Nicola Engineering GmbH in Halstenbek

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf Nicola Engineering aus?

Wenn man von einem gewissen Mehraufwand an Organisation absieht, haben wir bislang nicht viel Negatives zu spüren bekommen. Vielleicht liegt es auch an einem Großauftrag aus dem letzten Jahr. Sicherlich läuft nicht alles ganz so reibungslos wie sonst, aber das sind Abstriche, die ich gerne in Kauf nehme, immerhin können wir im Vergleich zu anderen Branchen arbeiten.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Ich musste mich gehörig umstellen, da ich zu Hause auf meine kleine Tochter und meinen Sohn aufpassen durfte und nebenbei versucht habe, zu arbeiten. Das war zumeist nicht gerade effektiv, weshalb ich die Arbeit dann abends und am Wochenende nachholen musste. Ich bin zwar ein absoluter »Fan« von digitalen Lösungen und Videoanrufen, aber ich schätze auch sehr das direkte Gespräch in der Firma bei einer Tasse Kaffee. Das fehlt mir.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Wir sind in Bezug auf die Digitalisierung bereits sehr gut aufgestellt. Die Videotelefonie werden wir noch etwas ausbauen, sodass wir auch mal alle Mitarbeiter zusammenschalten können. Ansonsten haben wir da meines Erachtens keine Baustellen.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

In den letzten Monaten beobachten wir eine recht deutliche Reduzierung der öffentlichen Ausschreibungen. Das könnte irgendwann dazu führen, dass wir nicht mehr genug zu tun haben. Bei Investitionen bin ich daher aktuell etwas vorsichtig.

Andererseits bewegen wir uns gerade in ein für uns recht neues Feld, um etwas breiter aufgestellt zu sein. Ich hoffe, dass wir eine mögliche zweite Welle ähnlich gut überstehen wie die erste.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Die Arbeitsplätze im Homeoffice haben wir definitiv schätzen gelernt. Für einige Mitarbeiter, die im Innendienst tätig sind, ist die Arbeit zu Hause eine wirklich sinnvolle Alternative zum zeitaufwendigen Pendeln um und durch Hamburg.

Boris Schulze

International Sales Manager in Kiel für Hypack

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf Hypack aus?

Wir haben die Welle richtiggehend auf uns zukommen sehen. Das Geschäft war zuerst in China rückläufig, dann bei uns in Europa, jetzt hat es Südamerika und die USA getroffen. Viele Regierungen haben Ausschreibungen verschoben oder gestoppt. Unsere Kunden konnten nicht mehr oder nur unter erschwerten Bedingungen Vermessungen durchführen. Inzwischen sehen wir schon wieder eine Erholung. Ausschreibungen werden wieder aufgenommen, Kunden können wieder vermessen, wenn auch lokal beschränkt.

Keine Messen und Kongresse, keine Kundenbesuche – das hat sich natürlich negativ aufs Geschäft ausgewirkt. Für das Neukundengeschäft sind solche Events schon sehr wichtig.

Wir haben viele Webinare und Online-Trainingsseminare angeboten. Damit erreichen wir erstaunlich viele Leute. So eine Online-Veranstaltung hat teilweise bis zu 300 Teilnehmer aus der ganzen

Welt, so viele würden zu einer lokalen Veranstaltung niemals kommen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Mich selbst beschränkt die Krise nicht so sehr, da ich vom eigenen Büro aus arbeite. Meine Kollegen arbeiten weltweit verstreut und wir sehen uns nur selten persönlich. Online-Meetings waren schon immer Teil meiner Arbeit. Lediglich das Reisen ist fast komplett ausgeblieben.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Wir sind als Softwarefirma mit weltweit arbeitenden Mitarbeitern eh sehr digital aufgestellt und es gewohnt, digitale Medien einzusetzen. Neu ist, dass wir unsere User-Konferenz, die seit 23 Jahren immer im Januar in den USA stattfindet, nun nicht wie gewohnt durchführen können. Wir haben uns entschieden, sie online abzuhalten. Wir haben ein tolles Format gefunden. Die Teilnehmer werden eine virtuelle Kongresshalle »betreten«, es gibt Vorträge und eine Firmenausstellung. Nur die Icebreaker-Party muss ausfallen. Ich finde es beeindruckend, was alles möglich ist, um mehreren hundert Teilnehmern eine schöne Veranstaltung zu bieten.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Ich glaube, dass die Pandemie im Laufe des Jahres 2021 abflachen wird, sodass Projekte wieder aufgenommen werden können. Viele Dinge, die verschoben wurden, laufen wieder langsam an. Ich blicke daher durchaus optimistisch in die Zukunft.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Persönlich absolut! Die Pandemie war doch sehr entschleunigend. In den letzten Jahren musste ich zu immer mehr Veranstaltungen. Jetzt sieht man, dass viele Dinge auch online erledigt werden können, ohne ständig verreisen zu müssen.

Positiv ist auch, dass wir durch die vielen Webinare und Online-Veranstaltungen jetzt auch Kunden erreichen, die es sich nicht immer leisten konnten oder wollten, zu Veranstaltungen zu kommen.

Stefan Steinmetz

Area Sales Manager in Bremen für EIVA a/s

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf EIVA aus?

EIVA hat die Corona-Krise bisher gut bewältigt, wenn auch nicht ohne Einschnitte. Die Firma hat für viele Mitarbeiter von Mai bis Juli Kurzarbeit beantragt gehabt. Dadurch konnten die finanziellen Folgen abgefedert werden. Es gibt international glücklicherweise Unterschiede, was die Auswirkungen betrifft. Vor allem in Europa sind eine ganze Reihe staatlicher Ausschreibungen ausgesetzt oder abgesagt worden. Durch unser Mietgeschäft können wir diese Verluste zu einem großen Teil auffangen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Die Maßnahmen sind für den Vertrieb natürlich eine starke Einschränkung. Ich lebe von Kunden- und Messebesuchen, die in vielen Ländern des europäischen Auslands, in Russland und den VAE zurzeit nicht möglich sind. Darum muss ich mich umstellen. Aber Videokonferenzen können die direkten Kontakte nicht ersetzen.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

EIVA setzt bereits seit vielen Jahren stark auf Digitalisierung, insofern ist da jetzt kein sonderlicher Schub spürbar. Ich halte seit fünf Jahren hauptsächlich über Videokonferenzen Kontakt zur Firma.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Das Coronavirus wird uns für lange Zeit – wenn nicht für immer – begleiten. Dennoch hoffe ich, dass zumindest die Reisebeschränkungen in Zukunft gelockert werden. Bislang erklärt die Bundesregierung pauschal ganze Länder zum Risikogebiet, besser wäre es, regional zu unterscheiden. Dann könnte ich meine Kunden wieder besuchen.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Für meinen Job überwiegen die negativen Faktoren, auch wenn ich die ganze Zeit durcharbeiten konnte. Ob sich der Trend zum Homeoffice durchsetzen wird, hängt von den persönlichen Verhältnissen ab. Für Singles ist das in vielen Fällen kein Problem oder sogar von Vorteil, für Paare mit Kindern oder für Alleinerziehende ist Homeoffice nicht unbedingt erstrebenswert.

Manfred Stender

Business Development Manager bei der Fugro Germany Marine GmbH in Bremen

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf Fugro aus?

Die Corona-Krise hat bei Fugro weltweit zu Umstrukturierungen und Änderungen in der Arbeitsweise geführt. Homeoffice ist ein großes Thema, um weiterhin arbeitsfähig zu bleiben. Neben der Corona-Krise beschäftigt uns die Krise im Öl- und Gassektor. Dieses Marktsegment war ohnehin unter Druck, die Corona-Krise hat hier noch als »Beschleuniger« gewirkt. Weltweit mussten wir die Aktivitäten der Fugro in diesem Segment herunterfahren, teilweise signifikant Personal reduzieren, sogar ganze Standorte schließen.

In Deutschland sieht es besser aus. Die Fugro Germany Marine GmbH arbeitet trotz Corona-Krise in vollem Umfang weiter. Derzeit ist der Markt für Kabeltrassen weltweit auf hohem Niveau. Auch im Bereich der Hydrographie haben wir viele Aufträge, die noch vor dem Einsetzen der Corona-Krise beauftragt wurden. Unsere Auslastung liegt bei über 100 Prozent. Daher müssen wir Schiffe und Personal von anderen Fugro-Standorten einbinden.

Allerdings ist das Aufrechterhalten des Betriebs nur mit erheblich höherem logistischem Aufwand

zu bewältigen. Das Personal auf den Schiffen auszutauschen kann durchaus zu Verzögerungen im Projekt führen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

In meiner Position als Business Development Manager lebt man von Netzwerken. Diese Netzwerke kann ich durch Telefonate oder Videokonferenzen leidlich pflegen. Neue Verknüpfungen sind derzeit allerdings sehr schwierig. Es fehlen eindeutig die persönlichen Kontaktaufnahmen bei Konferenzen oder Messen. Hier zeigen sich klar die Grenzen der digitalen Kommunikation; ein persönliches Gespräch besitzt einfach eine andere Wertigkeit.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Als international operierender Konzern mit weltweit verteilten Standorten war die Fugro auf dem Weg der Digitalisierung bereits weit fortgeschritten. Seit Jahren schon gibt es einen abgesicherten Datentransfer innerhalb der Fugro, inklusive Datentransfer von den schwimmenden Einheiten aus an die Landstationen, wir nennen das B2B, Back-to-Base. Zudem haben wir OARS-Zentren (Office Assisted Remote Services), die einige Leistungen der Fugro bereits fernüberwacht ermöglichen, zum Beispiel ROV-Einsätze. Bei der Fugro Germany Marine GmbH arbeitet man seit geraumer Zeit auch mit Fernerkundung, sprich Satellite-Derived Bathymetry und Satellite-Derived Topography.

Die Corona-Krise wirkt auch hier als »Beschleuniger«: Plötzlich werden Gelder für die weitere Entwicklung der Fernerkundung in Risikogebieten zur Verfügung gestellt, weil sich dadurch der Personaleinsatz reduzieren lässt. Gerade im Bereich ASV, AUV und Drohnen sind viele Projekte während der Krise intensiviert worden.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Auf absehbare Zeit wird es nur ein »Leben mit Corona« geben. Durch entsprechendes individuelles Verhalten können wir die Pandemie eindämmen. Auch wirtschaftlich sollten wir das Ganze beherrschen können; zumindest mit Blick auf die Hydrographie, die Marine Geophysik und die Marine Geotechnik bin ich optimistisch. Gleichwohl bleiben es schwierige und herausfordernde Zeiten.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Ob diese Krise einen gesellschaftlichen Umschwung hervorruft, wie am Anfang beschworen, wage ich zu bezweifeln. Allerdings wird die Krise nachhaltig in der Wirtschaft wirken. Da gibt es nicht nur den Schub in der Digitalisierung. Dank Homeoffice und flexiblerer Gestaltung von Arbeitsabläufen kann sich die Arbeitswelt jedes Einzelnen ändern, durchaus zum Vorteil von Arbeitgeber und Arbeitnehmer.

Dass unsere Kunden plötzlich Fernerkundung, Fernüberwachung oder andere automatisierte Systeme in Betracht ziehen, ist für uns in Bremen

durchaus positiv. In Zeiten von Reiserestriktionen und Quarantäne denkt man anders über die Dinge. Mittlerweile konnten wir unser RAMMS in einem neuen Marktbereich einsetzen. Einfach nur, weil durch das Lasersystem der Personaleinsatz reduziert werden konnte und wir so das Projekt trotz aller Einschränkungen voranbringen konnten. Ein anderes Beispiel: Wegen der Corona-Beschränkungen konnte ein Kunde die Vermessung nicht wie geplant selbst durchführen. Das Projekt hätte verschoben werden müssen. Da hat er sich an uns gewandt. Wir führen die Vermessungen nun durch, ohne einen Vertreter des Auftraggebers an Bord zu haben. Stattdessen übermitteln wir den Arbeitsfortschritt direkt ins Büro unseres Kunden, wo er alles umgehend begutachten kann.

Thomas Dehling

Abteilungsleiter »Nautische Hydrographie« am BSH in Rostock

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf das BSH aus?

Die Arbeit im BSH hat sich stark verändert. Meine Abteilung liefert die Informationen für die Sicherheit der Schifffahrt und für andere Nutzungen der Meere. Das ist in dieser Zeit eine besondere Herausforderung, weil es die Gesundheit aller Beschäftigten zu schützen gilt und weil es schwieriger ist, Familie und Beruf zu vereinbaren. Immerhin mussten die Beschäftigten nie um ihren Arbeitsplatz bangen oder in Kurzarbeit gehen. Die meisten konnten sehr schnell im Homeoffice arbeiten. Wo eine vollständige Umstellung auf mobiles Arbeiten nicht möglich war, wurden Aufgaben so strukturiert, dass sie zumindest teilweise zu Hause durchgeführt werden konnten. Die Arbeitszeitregelungen wurden gelockert, soweit dies mit den zu erledigenden Aufgaben vereinbar war. Wer wollte, durfte auch noch nach 20 Uhr und an Sonnabenden arbeiten, um tagsüber seinen Betreuungspflichten besser nachkommen zu können oder um den ÖPNV nicht zu Hauptverkehrszeiten nutzen zu müssen.

In manchen Bereichen – beispielsweise in der Druckerei oder den Laboren – musste die Arbeit in Schichten organisiert werden, um den Dienstbetrieb aufrechterhalten zu können. Zwei vom BSH betriebene Schiffe wurden vorübergehend stillgelegt, sodass die Schiffsbesatzungen vor ihrem Einsatz für zwei Wochen in freiwillige häusliche Quarantäne gehen konnten.

Es hat sich gezeigt, dass die Beschäftigten sehr verantwortungsbewusst mit der Situation umgegangen sind, und auch die Führungskräfte sind sehr zufrieden mit der Vertrauensarbeitszeit. Die Flexibilisierung der Arbeitszeit war ein wichtiger Schritt. Deutlich wurde aber auch, dass Homeoffice für alle, die Betreuungspflichten nachkommen

oder gar Kinder unterrichten mussten, zu einer erheblichen Doppelbelastung führte, trotz der flexiblen Rahmenbedingungen.

Bislang haben wir nur einen begrenzten Zeitraum betrachtet, für den wir die Einschränkungen der Aufgabenerledigung zwar qualitativ, nicht aber quantitativ abschätzen können. Wie sich die Einschränkungen letztlich auswirken, können wir erst nach Ende der Pandemie feststellen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Die Führungskräfte sind in dieser Situation besonders gefordert, weil sie viel mehr auf Distanz führen müssen. Bei mir selbst war das zwar auch bisher schon vielfach so – zwei Standorte, fünf Schiffe und viele Dienstreisen brachten das mit sich. Nun aber hat sich auch der persönliche Kontakt mit meinen Referatsleitern zeitweise stark reduziert.

Die größte Veränderung für mich war, dass die Dienstreisen ins Ausland weggefallen sind. Stattdessen gab es eine Vielzahl von teils mehrtägigen Video- und Telefonkonferenzen über alle Zeitzonen hinweg. Die Leitung solcher Sitzungen war sehr anspruchsvoll, die Vorbereitung war aufwendiger, aber dafür wurde Reisezeit eingespart. Deutlich wurde, wie wichtig bei Telefon- und Videokonferenzen die persönliche Kenntnis der Teilnehmenden untereinander ist. Auf jeden Fall fehlten mir die Pausen- und Einzelgespräche, die für eine erfolgreiche Sitzungsleitung so wichtig sind. In Zukunft kommt es also auf ein angemessenes Verhältnis zwischen Präsenztreffen und virtuellen Zusammenkünften an. Stundenlange Telefon- und Videokonferenzen sind für alle sehr belastend und deshalb nicht als Regelfall durchführbar.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Die Arbeitsorganisation in einer interdisziplinär arbeitenden Behörde mit einer Großzahl an unterschiedlichsten Fachbereichen ist von einem sehr hohen Vernetzungsgrad und einem großen Anteil an geistig-kreativer Arbeit geprägt. Kein Problem ist die Kommunikation mit digitalen Medien, das gemeinsame Arbeiten an digitalen Dokumenten oder die elektronische Vorgangsbearbeitung. Selbst große Besprechungen oder Vorträge und interne Schulungen mit dreistelligen Teilnehmerzahlen sind über die IT-Systeme virtuell ermöglicht worden und gehören inzwischen zum Alltag. Dadurch nehmen an manchen Besprechungen sogar mehr Leute teil als an den Präsenzveranstaltungen.

Einen Schub in der Digitalisierung brauchen wir noch in einigen Verwaltungsvorgängen.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Bei den getroffenen Maßnahmen wurden auch Grenzen sichtbar. Mobiles Arbeiten und Telearbeit funktionieren sehr gut, wenn klare, transparente Bedingungen und Regelungen vorliegen. Deutlich wurde aber auch, wie wichtig eine gewisse Anzahl von Präsenztagen ist, um einen stetigen fachlichen sowie sozialen Austausch aufrechtzuerhalten.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Im BSH haben wir die Krise auch als Chance gesehen. Viele Dinge können schneller ausprobiert und umgesetzt werden. Nach der Pandemie wird es sicherlich keinen Schritt zurück in die alten Pfade geben. Das Gute wollen wir behalten.

Jörg Reinking

Professor für Vermessungskunde an der Jade Hochschule in Oldenburg

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die Jade Hochschule aus?

Die Hochschule wurde zum 15. März vollständig geschlossen, das Betreten aller Räume inklusive der Büros war nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung für sehr kurze Zeit und nur ausnahmsweise möglich. Die Präsenzlehre wurde von den Professorinnen und Professoren mit großem Aufwand durch digitale Angebote ersetzt. Seit dem 18. Mai konnten wieder in geschützter Präsenz einige Lehrveranstaltungen durchgeführt werden, wodurch die für den geodätischen Bereich notwendige praktische Durchführung von Übungsveranstaltungen ermöglicht werden konnte. Die Prüfungsformen wurden zum Teil angepasst; auf Präsenzprüfungen konnte aber nicht verzichtet werden – sie wurden unter Beachtung der Hygieneregeln durchgeführt.

Auch im Wintersemester werden Lehrveranstaltungen hauptsächlich digital stattfinden. Für die Erstsemester wird es allerdings einen großen Anteil Präsenzlehreveranstaltungen geben müssen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Die digitale Lehre ist nicht vergleichbar mit einem Präsenzbetrieb. Auch die beste Konferenzsoftware ermöglicht nicht den Kontakt zu 70 oder mehr Studierenden gleichzeitig. Auf Bildern in Briefmarkengröße kann ein Dozent jedenfalls nicht erkennen, ob die Beteiligten zum Beispiel zweifelnde Gesichtsausdrücke zeigen. Als Dozent fehlt dadurch ein wichtiges Feedback, das zum Beispiel als Korrektiv für die Lehrgeschwindigkeit nicht zu unterschätzen ist. Auch durch die vielen Möglichkeiten, die moderne Lernplattformen in Form von Foren, Diskussionen, Tests oder Umfragen bieten, kann dieses Feedback nur bedingt erzeugt werden.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

An der Jade Hochschule sind wir diesbezüglich glücklicherweise gut aufgestellt. Unsere Rechnetze funktionieren sehr gut, wir haben ausreichend Speicherplatz auch für umfangreiche Lehrvideos, verfügen über eine eigene Cloud und die gängigen Konferenzsoftware- und Lernplattform-Pakete. Viele Professorinnen und Professoren hatten auch bereits digitale Lernangebote zusätzlich zur Präsenzlehre erstellt und sind daher vielfach erfah-

ren. Das Rechenzentrum ist sehr kompetent und unterstützt Lehrende und Lernende gut und zügig.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft? Ich gehe davon aus, dass sich die digitale Lehre noch mindestens bis zum Sommersemester 2021 hinziehen wird. Wir werden aber sicher unsere Stoffvermittlung und Prüfungsformen auch weiter anpassen und können dabei auf aktuelle Erfahrungen aufbauen. Auf die Dauer werden wir sicher zur Präsenzlehre zurückkehren, da dies für die meisten Beteiligten die bessere Lehrform ist. Auf umfangreiche digitale Angebote, die für die meisten Lehrveranstaltungen dann vorliegen, werden wir sicher nicht verzichten.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Leider nein!

Roland Liebert

Prokurist bei der Geo Ingenieurservice Nord-West GmbH & Co. KG in Wilhelmshaven

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die Geo Group aus?

Unsere Auftragslage hat sich nicht verschlechtert. Allerdings müssen wir neue Herausforderungen meistern, zum Beispiel müssen wir, bevor wir fremde Schiffe betreten, einen Corona-Test machen oder in Quarantäne gehen. Die Mitarbeiter im Außendienst müssen viele neue Auflagen beachten. Wir stellen zudem fest, dass sich die soziale Distanz negativ auf unsere Teamarbeit auswirkt.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Ich fühle mich im Homeoffice durchaus eingeschränkt. Der persönliche Kontakt zu meinen Kunden ist leider völlig weggefallen.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Innerhalb der Geo Group waren wir schon immer gut vernetzt. VPN-Verbindungen mit dem Laptop auf den Server sind für uns selbstverständlich. Durch den Lockdown ist es aber zu einem zusätzlichen Schub gekommen. Wir haben es schnell geschafft, einen Großteil unserer Beschäftigten aus dem Homeoffice arbeiten zu lassen. Außerdem haben wir nun digitale Prozesse im Bereich Rechnungswesen, was plötzlich ganz schnell ging.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft? Mit gemischten Gefühlen. Ich frage mich, ob der soziale Kontakt innerhalb der Arbeitswelt völlig wegbricht. Gibt es kein Zusammenarbeiten im Büro mehr, keine Meetings, keinen Besuch bei Kunden? Arbeitet man wirklich nur noch digital und sieht seine Kollegen nur noch auf dem Bildschirm und über Videokonferenzen?

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Privat weiß ich heute mehr zu schätzen, was wir an den alten Freiheiten gehabt haben. Der Besuch

von Theater oder Kino, die Fahrt in den Urlaub – das war viel wert. Und weil das alles nicht mehr so ohne weiteres möglich ist, findet ungewollt eine Entschleunigung statt. Das hat auch was Gutes.

Harald Sternberg

Professor für Hydrographie und Vizepräsident für Lehre und Digitalisierung an der HCU in Hamburg

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die HCU aus?

Der gewohnte Lehr- und Lernbetrieb war stark eingeschränkt. Die Studierenden waren ein Semester lang nicht an der HCU, erst zu den Prüfungen kamen sie wieder ins Gebäude. Auch viele Lehrende waren nur selten an der HCU, stattdessen haben sie die digitale Lehre von zu Hause aus gestaltet. Das nächste Semester wird als hybrides geplant, sodass auch Präsenzveranstaltungen stattfinden.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Neben dem Mehr an Organisationsarbeit vor allem auch ein Weniger an Reisen. Außerdem führen wir Konferenzen, Termine und Veranstaltungen via Zoom durch – damit können die Information zwar gut weitergegeben werden, aber leider kommt der weitere Austausch zu kurz, tiefere Diskussionen kommen gar nicht erst zustande.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Die ist ein positiver Aspekt. Plötzlich stehen mehr Gelder und Materialien zur Verfügung, und es gibt auch mehr Bereitschaft bei allen, sich auf das Neue einzulassen. Ganz angetan bin ich von der guten Umsetzung im Bereich der »Digitalisierung der Lehre« mit den verschiedensten Formaten.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Eher mit gemischten Gefühlen. Ich finde es gut, dass es diese Weiterentwicklung und Dynamik im Bereich der Digitalisierung gibt, aber für Lehrende und Lernende ist auch der direkte Austausch wichtig. Ebenso wichtig sind die »Nachgespräche« mit und unter den Studierenden.

Sehr wahrscheinlich werden auch nach der Corona-Krise vermehrt hybride Formate (blended learning, flipped classroom) mit E-Learning-Anteilen und Präsenzanteilen für den Unterricht genutzt.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Ja – gerade zu Beginn gab es Zeiten, in denen ich konzentriert arbeiten konnte. Als Zuständiger für die Digitalisierung an der HCU finde ich es gut, dass es diesen Schub für Digitalisierung gab. Nur durch motivierende Reden an die Lehrenden – ohne den Zwang durch Corona – hätten die digitalen Formate nicht so schnell Akzeptanz gefunden. Und meine Hoffnung ist, dass diese Erfahrungen zu einem noch positiveren Umgang mit der Gestaltung der Homeoffice-Regelungen führen.

Mathias Jonas

Generalsekretär der IHO in Monaco

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die IHO aus?

Seit März 2020 sind alle Präsenzarbeitstreffen und Konferenzen ausgesetzt. Die Arbeitsgruppen bearbeiten die laufenden Vorhaben weiter. Videokonferenzen sind an die Stelle der üblichen jährlichen Treffen getreten. Für bereits angelaufene Projekte funktioniert das für die notwendigen Fortschrittsberichte. Wenn es um die (manchmal kontroverse) Diskussion technischer Details geht, ist diese Kommunikationsform jedoch wenig effektiv.

Ein echter Rückschlag war die Absage der IHO-Vollversammlung im April zugunsten eines komprimierten Videokonferenzverfahrens im November. Die besondere Herausforderung liegt hier in der Einhaltung der Regularien der IHO-Konvention im Videoformat. Sie fordert die Simultanübersetzung in vier Konferenzsprachen und enthält detaillierte Regelungen für die Erzielung verbindlicher Entscheidungen – zum Beispiel die Erreichung eines Quorums und gegebenenfalls Abstimmungen.

Als besondere Herausforderung des Videokonferenzformates erweisen sich unterschiedliche Ausbaustufen der technischen Infrastruktur in den Mitgliedsstaaten, die Unterschiede in der Sprachkompetenz in Englisch und ein Zeitzonunterschied von 20 Stunden. IHO-Veranstaltungen sind von interkultureller Kommunikation geprägt; zudem finden viele Diskussionen vor einem politischen Hintergrund statt. Der Ausgleich unterschiedlicher Interessen wird oft in Hintergrundgesprächen und informellen Treffen am Rande der Veranstaltungen erreicht. Das kommt in der digitalen Kommunikation gänzlich abhanden.

Das Sekretariat hat sich technisch und organisatorisch auf die veränderte Situation eingestellt. Durch Kombination unterschiedlicher Plattformen ist es gelungen, die geheime Wahl eines neuen IHO-Direktors im Mai 2020 rechtssicher abzuhalten. Die Belastung der Mitarbeiter durch den über Wochen anhaltenden strikten Lockdown in Frankreich und die fortgesetzte, fast tägliche Beteiligung an Videokonferenzen oft außerhalb der üblichen Bürozeiten ist allerdings erheblich. Fünf Stunden andauernde Videokonferenzen überschreiten die Aufnahmespanne weit. Die Mitschrift der geäußerten Standpunkte und die Fixierung getroffener Entscheidungen erfordert intensive Nacharbeit und Austausch der Protokolle in mehrfachen Iterationen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Der hohe Anteil von Telearbeit und der Mangel an persönlichen Begegnungen erfordern einen anderen Führungsstil. Der Kommunikationsaufwand steigt, Arbeitsschritte und zu erzielende Ergebnisse sind viel detaillierter zu vereinbaren und ihre Erreichung in kleineren Schritten zu kontrollieren.

In meiner Rolle, die IHO als Generalsekretär öffentlich zu vertreten, liefere ich statt Grundsatzreferaten auf Konferenzen nun Videobotschaften. Das Format zwingt zu Kompaktheit, einfacher Sprache und Zuspitzung. Meine eigentliche Stärke ist jedoch der Live-Auftritt.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Ohne E-Mail, Webseiten, Social Media und Videokonferenzen könnte die IHO in dieser Situation nicht mehr funktionieren. Einige der nun intensiver genutzten Anwendungen und hybride Veranstaltungsformen bereichern unsere Zusammenarbeit über die Zeit der Pandemie hinaus.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Die unvorhergesehene plötzliche Veränderung der gewohnten Lebens- und Arbeitsumstände hat das bisher in dieser Weise mir unbekanntes Gefühl des Verlustes ausgelöst. Verunsicherung paart sich mit Sorge um die persönliche Betroffenheit der Familie, der Freunde und Mitarbeiter. Diese Sorge richtet sich sowohl auf die gesundheitlichen Risiken als auch die Ausbildungs- und Erwerbssituation sowie die psychische Situation in Gegenwart und Zukunft. Diese Sorge weckt eine Sehnsucht nach einer überschaubaren und planbaren Situation. Diese Sehnsucht erzeugt zugleich den Trotz, der Herausforderung standzuhalten; das Richtige und Notwendige zu tun und dabei solidarisch zu handeln.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Mich beeindruckt, mit welchem hohem Maß an Einsicht und Mitwirkung die einschränkenden Maßnahmen von der Bevölkerung in Deutschland angenommen werden. Zumal es sich nicht um Reaktionen auf bereits eingetretene Schäden handelt (wie beispielsweise bei einer Überschwemmung), sondern die eigentliche Krise durch präventives Verhalten abgewendet werden soll. Das ist aus meiner Sicht eine bisher nie in so großem Maßstab eingenommene Haltung und lässt mich auf umweltverträglicheres und ressourcenschonendes Verhalten hoffen. Durch den öffentlichen Diskurs wächst das Verständnis für den Wert und die Grenzen von Wissenschaft und Technik und deren immer wieder auszutrierendem Verhältnis zu politischen Entscheidungsprozessen.

Die Reduzierung touristischer Aktivitäten sehe ich als kollateralen Nutzen, der der Natur eine Atempause verschafft. Ich hoffe auf eine teilweise Rückkehr zu Regionalität in der Produktion, die die kommerzielle Schifffahrt allerdings zu einer schwierigen Transformation zwingen könnte. Für die Kreuzfahrtbranche sehe ich derzeit keine Perspektiven der Rückkehr zum vormaligen Status quo.

Die verlangsamten Aktivitäten im laufenden Arbeitsprogramm der IHO geben uns Zeit, das Erreichte zu bewerten und strategisch für die sich ankündigende neue Normalität zu justieren. Es gibt uns die Chance, tatsächlich einmal Gründlichkeit den Vorzug vor Schnelligkeit zu geben.

Thorsten Döscher

Leiter Peilerei und Vermessung bei der bremenports GmbH & Co. KG in Bremerhaven

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf bremenports aus?

Der Umschlag und der tägliche Hafbetrieb in Bremen und Bremerhaven weist keine besonderen Veränderungen auf. Im Hafen sind allerdings verstärkt Kreuzfahrtschiffe als Auflieger zu sehen. bremenports hat den Anspruch, immer die hundertprozentige Verfügbarkeit der Häfen zu gewährleisten. Die Kollegen müssen ihre Aufgaben also genauso erfüllen wie vor der Corona-Krise. Dies betrifft insbesondere die Hafenunterhaltung. Auch beim Hafbau sehe ich keine Veränderungen, es wird gebaut, saniert und geplant. Es gibt keine Kurzarbeit bei bremenports. Geändert hat sich, wie die Arbeiten durchgeführt werden. Manche Kollegen arbeiten von zu Hause aus. Die Kollegen, die im Hafen unterwegs sind, arbeiten grundsätzlich in einem festen Team. So werden Kontakte minimiert; insbesondere arbeiten sich vertretende Kollegen möglichst nicht zeitgleich im Büro.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Zu Beginn der Krise haben die meisten meiner Mitarbeiter nahezu immer von zu Hause gearbeitet. Nur Mitarbeiter in Bremen und einer in Bremerhaven war im Büro präsent. Der Vermessungstrupp für die Landvermessung war selbstständig unterwegs, und die im Außendienst aufgenommenen Daten sind zu Hause ausgewertet worden. Einzige Mitarbeiter auf den Vermessungsschiffen waren immer an Bord. In dieser Zeit musste ich verstärkt zum Telefonhörer greifen, um die Arbeit im Team zu organisieren. Das war zeitaufwendig und anstrengend. Natürlich wurde im Team viel per Videokonferenz kommuniziert. Dennoch war mir gerade in dieser Zeit das persönliche Gespräch sehr wichtig. Inzwischen haben wir wieder mehr Präsenz im Büro. Auch wenn wir noch keine normalen Verhältnisse haben, so ist die Arbeit doch bedeutend angenehmer.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Einen Schub sehe ich nur in den Kommunikationsmöglichkeiten, die es zwar im Prinzip bereits vorher schon gab, die jetzt aber deutlich ausgebaut und viel mehr genutzt werden. Auch auf den Schiffen wird jetzt häufiger Fernwartung genutzt.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Auch wenn mein Umfeld und ich kaum betroffen waren, habe ich doch ungute Gefühle für die Zukunft. Insbesondere wegen der Ungewissheit. Man weiß nicht, wann es vorbei ist, und auch nicht, was als Nächstes kommt.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Sicherlich bringt Corona auch neue Erfahrungen, und aus Erfahrungen können wir lernen.

Lutz Christiansen

Fachbereichsleiter Vermessung, Topographie, Morphologie am LKN.SH in Husum

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf den LKN.SH aus?

In der Zeit des Lockdowns ab Mitte März konnten in kürzester Zeit die meisten Büro-Arbeitsplätze ins Homeoffice verlegt werden. In den Außentätigkeiten wurden nur die systemrelevanten Aufgaben ausgeführt, wie beispielhaft der Betrieb der Sperrwerke, die Treibsel-Räumung von Deichen, die Freihaltung der seeseitigen Vorfluter (hier Außentiefs genannt), die Aufgaben der Verkehrssicherung in landeseigenen Häfen, die auch die notwendigen Vermessungen einschließt, sowie die Aufgaben zur Sicherstellung des Hafbetriebs.

Seit Juli sind nahezu alle Personen an ihren Arbeitsplatz zurückgekehrt unter Einhaltung des Hygienekonzeptes. Die LKN-eigenen Schiffe sind seit August wieder in Fahrt, hier gelten gesonderte Hygienevorgaben. Aufgrund positiver Erfahrungen im Lockdown nehmen immer mehr Personen die Möglichkeit der Wohnraum-Arbeit wahr.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Wegen des Lockdowns wurden für etwa drei Monate die hydrographischen Vermessungen ausgesetzt – lediglich systemrelevante Hafenvermessungen wurden durchgeführt. Persönliche oder virtuelle Kontakte zu laufenden Projekten oder geplanten neuen Maßnahmen fanden in dieser Zeit quasi nicht statt. Erst nach der Sommerpause werden diese Kontakte langsam wieder aufgenommen. Als Leiter des Fachbereichs habe ich einen erhöhten Aufwand, um die Kommunikation und den Informationsaustausch sicherzustellen.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Positiv war, dass das Homeoffice IT-technisch sehr gut funktioniert und durchaus geeignet ist, um die Aufgaben zu erledigen. Die Möglichkeiten zu Videokonferenzen werden derzeit erweitert. Ebenso werden Remote-Aktivitäten ausgebaut.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Es hat sich gezeigt, Arbeitsleistungen können flexibel von unterschiedlichen betrieblichen oder privaten Standorten erbracht werden. Ich bin gespannt, ob noch Arbeitsplätze für alle vorgehalten werden oder ob es eines Tages Büro-Sharing gibt.

Besonderes Augenmerk sollte auf die sozialen Aspekte gelegt werden. Persönliche Kontakte fehlen, der persönliche fachliche Austausch kommt zu kurz. Auch ist im Blick zu behalten, wie gut die Wohnraum-Arbeitenden Arbeit und Privates trennen können und beispielsweise vorgeschriebene Pausen einhalten.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Außer dass das Homeoffice technisch funktioniert, gibt es für mich nichts Positives.

Jens Schneider von Deimling

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die CAU aus?

Die Krise durchdringt fast alle Bereiche der CAU. Vorlesungen werden digital abgehalten, Präsenzveranstaltungen finden nur in Ausnahmefällen statt. Dienstreisen müssen auf ein Minimum reduziert werden. Unsere »hauseigenen« Studiengänge (unter anderem Marine Geoscience, Geophysik am Institut für Geowissenschaften) sind jedoch untrennbar mit Expeditionen an Land und auf See verknüpft. Für Expeditionen gibt es ein spezifisches Hygienekonzept. Bevor wir auf Schiffe gehen, wird eine fünftägige häusliche Quarantäne verordnet. Anschließend werden wir getestet und können einschiffen, jedoch nur mit der Hälfte an Personen, damit alle eine Einzelkammer beziehen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Die Situation bedeutete eine massive zeitliche Mehrbelastung. Meine Frau arbeitet im Gesundheitswesen; wir haben kleine Kinder. Bei Schließung von Betreuungseinrichtungen und Wegfall der Unterstützung von Großeltern ist der Arbeitsalltag kaum zu bewältigen.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Da bin ich prinzipiell sehr skeptisch. Ich befürchte Schnellschüsse. Diese mögen modern erscheinen, müssen aber didaktisch nicht unbedingt zielführend sein. Wir erhalten keine kompetenten Digital Natives, indem wir Tablets verteilen. Dadurch steigt zwar das Wissen über vorgefertigte Anwendungen, nicht jedoch das technische Verständnis.

Der digitale Schreibtisch mag verwaltungstechnische Abläufe enorm vereinfachen. In der Realität berichten nur wenige von einer echten Vereinfachung. Das ist wirklich ein Jammer. Vielleicht bringt die Blockchain den Durchbruch.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Mit großer Neugier, wir leben in einer unglaublich spannenden Epoche.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Ich erhoffe mir eine gesteigerte Demut vor den Kräften der Natur, das kann unserem Planeten auf lange Frist gesehen nur gut tun.

Thomas Heege

CEO der EOMAP GmbH und Co. KG in Seefeld

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf EOMAP aus?

Zunächst bedeutete die Krise eine signifikante Erhöhung der Homearbeit auf ca. 70 Prozent der Gesamtarbeitszeit. Auch wenn wir in Schloss Seefeld locker mehr als 1,5 Meter Abstand bei Voll-

besetzung sicherstellen können, belassen wir es derzeit noch bei einem Homearbeitsanteil von ca. 50 Prozent. Technisch hat dies dank ausreichender Internet-Connectivität und bereits vorhandener IT-Infrastrukturen keine Probleme bereitet. Jedoch mussten wir die Kommunikation besser strukturieren, mit täglichen Online-Meetings, Chat-Rooms etc., um effizient Informationen auszutauschen.

Die Krise hat während des Shutdowns bis Juli besonders für Familien zu einer wahrnehmbaren Mehrbelastung geführt. Unseren zu Jahresanfang hinzugekommenen Kollegen in Kalifornien und Brasilien haben die Möglichkeiten persönlicher Treffen im Rahmen von Akquise-Reisen gefehlt.

Dennoch: Geschäftlich können wir keinen Einbruch im Wachstumsprozess verzeichnen, den wir mit mehreren neuen Stellen auch im aktuellen Geschäftshalbjahr stützen müssen. Bei einigen Kunden, zum Beispiel im Offshore-Markt, sehen wir in diesem Jahr weniger Investitionsmittel bei der Exploration. Über alle Sektoren hinweg – Hydrographie, Offshore-Industrie, Umweltbehörden und Consulting – wächst jedoch unser Fernkundungsmarkt. Wir können jedoch meist nicht abgrenzen, wo die Geschäftsentwicklung trotz oder auch aufgrund der Krise passiert.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Ich persönlich genieße die gewonnene Zeit vor Ort, im Büro und daheim mit der Familie sehr. Mir fehlt der persönliche Austausch mit Kollegen und Kunden aufgrund der reduzierten Reisetätigkeiten, der ausgefallenen Messen und Meetings. Aber ich fühle mich durch Corona in einem deutlichen Lernprozess, wie zum Beispiel eine gute Online-Kommunikation möglich sein kann.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Wir sehen einen signifikanten Digitalisierungsschub auf mehreren Ebenen: Eine Lernkurve zur effizienteren Nutzung virtueller Konferenzen und Vermarktungsoptionen. Aktuell steigern wir unsere Investitionen in Online-Dienste und Softwareprodukte deutlich: Wir realisieren, dass dank des besseren Technologieverständnisses immer mehr Kunden die fortgeschrittenste Datenanalytik für Satellitendaten im Gewässerbereich mit unseren Online- und Softwarelösungen auch selbst in die Hand nehmen wollen. In der Digitalisierung der Datendienste über Online-Plattformen sehen wir ein gutes Wachstumspotenzial. Und unsere Mitarbeiter profitieren von der Digitalisierung durch die verbesserte New-Work-Kultur, bei mehr Flexibilität im Zusammenspiel von Arbeit, Freizeit und Familie.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Auch wenn wir möglicherweise noch einige Zeit mit den Begleiterscheinungen von Covid-19 leben müssen: Es lehrt, die verfügbare Zeit im Job und mit nahestehenden Menschen erfüllend einzusetzen. Ich bin dankbar, diese Möglichkeiten zu haben, und dabei sehr positiv mit Blick auf unsere

Entwicklungschancen auf dem Markt. Mittelfristig lösen bei mir eher die Unsicherheiten im internationalen politischen Umfeld, langfristig die Folgen des Klimawandels bei behäbigen politischen Anpassungsprozessen Unruhe aus. Aber Covid-19 zeigt ja, dass wir uns – wenn's sein muss – sehr schnell an neue Bedingungen anpassen können.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Ich persönlich glaube, dass uns die Krise in einigen Bereichen – im Unternehmen, in der Organisation der Arbeitswelt und auch im Kontext Klimawandel – deutlich voranbringen kann. Das Vertrauen in Fernkundungsdaten ist deutlich gestiegen: Im Jahr 2020 sehen wir, dass viele neue Kunden auch ohne vorherige physische Treffen unsere Dienste in Anspruch nehmen.

Jürgen Peregovits

Geschäftsführer der IngenieurTeam GEO GmbH in Karlsruhe

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf das IngenieurTeam GEO aus?

Das IngenieurTeam GEO blieb bisher unbeschadet von der Pandemie, wir haben keinen Infektionsfall zu beklagen. Das verdanken wir mehreren Faktoren: ständiger Informationsfluss an die Mitarbeiter im Außen- und Innendienst, klare Verhaltensregeln, bereitgestellte Hygieneartikel und Mindestabstände. Alle haben sich an die Vorgaben gehalten und sich umsichtig verhalten.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Im Innendienst erfolgen Gespräche, Projektbesprechungen mit unseren Auftraggebern, Planern und Architekten über Microsoft Teams. Es gibt keinen räumlichen und persönlichen Kontakt zu unseren Kunden. CAD-Mitarbeiter sind teilweise im Homeoffice tätig. Für die Außendiensttätigkeiten bleiben Zwei-Mann-Messtrupps dauerhaft zusammen, wir achten darauf, dass das Personal nicht getauscht wird.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Die Digitalisierung ist weiter auf dem Vormarsch – war es auch schon ohne den Einfluss von Corona. Bestandsaufnahmen von Gebäuden werden mit Hilfe von 3D-Lasermessgeräten präzise aufgemessen. Durch Luftbildmessungen per Drohnenflug lassen sich bewuchsfreie Geländesituationen exakt erfassen, ohne Produktionsabläufe zu stören. Auch in der Hydrographie sind durch den Einsatz von Mobile-Mapping-Systemen Synergieeffekte bei gleichzeitig durchgeführten Fächerecholotaufnahmen in Verbindung mit Laserscanning zu erzielen. Bei verhältnismäßig geringem Kostenaufwand können komplexe Anlagen als 3D-Punktwolkenmodell abgebildet werden, um daraus Grundrisse, Ansichten und Schnitte zu generieren.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Wir sollten nicht vergessen, dass das Virus noch immer nicht besiegt ist, und hoffen, dass es in einer zweiten Welle nicht noch einmal zu einem Lockdown kommt. Mit Sicherheit warten spannende Herausforderungen auf Bewältigung.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Eigentlich nicht, da die Corona-Krise Gewissheiten durcheinanderwirbelt. Dienstreisen werden durch Videokonferenzen ersetzt, damit ist ein fachlicher Austausch zwar möglich, jedoch in steriler Form. Ein Gespräch, wie an vergangenen Hydrographentagen praktiziert, ist nicht gegeben. Das menschliche Miteinander bleibt auf der Strecke, eine Rückkehr zur Normalität ist nicht absehbar.

Frank Köster und Thomas Thies

Leitung Hydrographie bei der Hamburg Port Authority

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die HPA-Hydrographie aus?

Bis jetzt können wir keine deutliche Veränderung im Aufgabenspektrum und an der Auftragsmenge erkennen. Über die gesamte Zeit waren wir handlungsfähig und konnten das Sedimentmanagement, die Nautik und die vielen Projekte im Hafen mit aktuellen hydrographischen Daten versorgen.

Natürlich ist der Organisationsaufwand, um unsere Abteilung am Laufen zu halten, deutlich gestiegen. Wochenanwesenheitspläne für die regelkonforme Nutzung der Peilschiffe und der Büroräume müssen erstellt werden, interne Reports zu An- und Abwesenheiten bzw. Krankenständen der Mitarbeiter werden regelmäßig abgefordert und Messkampagnen mit zwingend notwendiger Anwesenheit müssen deutlich besser geplant werden, gerade wenn auch Externe an Bord sind.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Als relativ kleine, aber breit aufgestellte Fachabteilung in der HPA ist die Kommunikation und der Austausch zwischen den einzelnen Teams essenziell, um unsere vielfältigen Aufgaben zu bewältigen. Wir mussten uns erst einmal daran gewöhnen, die Kolleginnen und Kollegen nur noch in Online-Meetings »am Tisch« zu haben. Richtig tiefgreifende Diskussionen entwickeln sich dabei leider kaum, nicht einmal bei Problemen. Dass »digital« kaum ein richtiger Austausch zustande kommt, tut dem Teamgedanken nicht gut. Wir müssen aufpassen, dass wir alle uns nicht in Einzelkämpfer verwandeln, sondern auch weiterhin Teamplayer bleiben und die sozialen Komponenten des Jobs nicht zu sehr vernachlässigen. Deshalb versuchen wir, immer wieder vor Ort bei Messkampagnen oder auch im Büro anwesend zu sein, um ein bisschen Normalität zu vermitteln.

»Digitale« Personalgespräche halten wir für grenzwertig, da man auch mal unangenehme Punkte besprechen muss. In solchen Gesprächen ist es sehr wichtig, die Emotionen des Gegenübers richtig einzuschätzen, was über eine pixelige Video- und/oder verrauschte Audioverbindung nicht möglich ist.

Persönlich vermissen wir den unmittelbaren Austausch auf Messen, Konferenzen und Workshops. Den digitalen Veranstaltungen können wir bis auf die guten fachlichen Inhalte nicht viel abgewinnen, da mit anderen Teilnehmern keine Ideen ausgetauscht, Projekte entwickelt oder vorangetrieben und Kontakte geknüpft werden können.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?
Digitalisierung war im Bereich der Hydrographie schon vor Corona ein großes Thema, welches wir selbst innerhalb der HPA durch viele Projekte sowohl in der Datenerfassung mit den Peil- und Messschiffen als auch in der Datenauswertung im Eigeninteresse vorangetrieben haben.

Viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aber auch wir selbst haben schon vorher an Telearbeitsmodellen teilgenommen. In Bereichen, in denen digitale mit analogen Lösungen vor der Corona-Krise koexistiert haben – in unserem Fall die Verteilung der Peilergebnisse mit dem Peiltisch und den Papierpeilplänen –, wurden die analogen Lösungen ausgesetzt. Es hat sich hier schnell gezeigt, dass es sich auch ohne Papier arbeiten lässt.

Einen großen Schub der Digitalisierung hat es ansonsten aus unserer Sicht durch Corona nicht gegeben. Die bereits zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmittel wie Microsoft Teams, Skype, Zoom, TeamViewer etc. wurden in dieser Zeit aus Ermangelung von Alternativen nur deutlich besser genutzt als früher. Schon viele Jahre gab es die Möglichkeit, sich über Fernwartungssoftware auf die Messanlagen der Peil- und Vermessungsschiffe zu schalten, um die Kollegen an Bord bei technischen Problemen zu unterstützen.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?
Thomas Thies: Ich persönlich schaue mit gemischten Gefühlen in die Zukunft und hoffe einfach, dass sich das Corona-Problem bald erledigt hat und wir gestärkt aus dieser Krise herauskommen. Ich hoffe jedoch nicht, dass wir uns auch zukünftig aus Angst vor solchen Gefahren »einigeln« und die Digitalisierung dafür nutzen, nicht mehr aus dem Haus gehen zu müssen.

Frank Köster: Als Zukunftsmodell kann ich mir das vermehrte Arbeiten im Homeoffice vorstellen, aber nur wenn man feste, wöchentliche Teamtage installiert, an denen sich alle sehen. Fünf Tage Homeoffice isoliert auf Dauer und beraubt das Team um den ad-hoc entstehenden wichtigen sozialen und fachlichen Austausch. Mit Sorge sehe ich, dass durch die Arbeit im Homeoffice Arbeitsplatz und Privatleben verschwimmen. Das führt im Extremem zur permanenten Erreichbarkeit, zu ungesun-

den Arbeitszeiten und macht auf Dauer krank. Insbesondere hier müssen wir darauf achten, dass die Kolleginnen und Kollegen sich nicht überfordern. In Summe hoffe ich, dass diese Situation bald endet, habe aber das Gefühl, dass sie noch andauern wird.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Wir konnten viel Zeit mit unseren Familien genießen, auch wenn es manchmal schwierig war, das Homeschooling und den Job unter einen Hut zu bekommen. Weil das bestimmt viele Menschen ähnlich sehen, glauben wir, dass sich das Berufsleben so verändern wird, dass sich Beruf, Familie und Freizeit besser vereinbaren lassen. Die vielen digitalen Möglichkeiten, die es zwar auch vor Corona schon gab, die jetzt aber viel eher akzeptiert werden, sollten es erlauben.

Christian Maushake

Mitarbeiter bei der BAW in Hamburg

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf die BAW aus?

In meinem Arbeitsbereich in der Dienststelle Hamburg gab es Veränderungen: Von jetzt auf gleich mussten die Kollegen ins Homeoffice. Die Projektarbeit musste anders organisiert werden. Das »virtuelle« Arbeiten bekam plötzlich einen ganz anderen Stellenwert. Aber da die meisten Projekte, an denen wir arbeiten, ohnehin sehr lange Laufzeiten von meist mehreren Jahren haben, ließ sich diese Umstellung ganz gut verkraften.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Da ich relativ häufig auf Dienstreisen bin, mussten Dinge teilweise gecancelt und umorganisiert werden. Das ließ sich aber ganz gut bewerkstelligen. In erster Linie bin ich dankbar, dass diese Krise bislang für uns ohne größere Einschnitte verbunden war. Wir mussten keine finanziellen Einbußen verkraften. Trotz der Krise konnte mein Arbeitgeber sehr gute Arbeitsbedingungen organisieren.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Die BAW hat ohnehin eine sehr gute Technik- und IT-Ausstattung. So war es möglich, fast alle Kollegen von einem Tag auf den anderen in ein arbeitsfähiges Homeoffice zu schicken. Unsere IT-Abteilung hat dann in kürzester Zeit für VPN-Verbindungen in ausreichender Anzahl und für gute virtuelle Konferenz- und Besprechungsmöglichkeiten gesorgt. Natürlich gab es teilweise auch Engpässe – ich erinnere mich nur daran, wie lange es dauerte, genügend Headsets zu beschaffen.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Ach, das war schon ein merkwürdiges Jahr. Beruflich gesehen bin ich sehr dankbar für die guten Arbeitsbedingungen. Privat vermissen ich so einiges: Konzerte, Essen gehen ohne Maske, vernünf-

tig meinen Hobbys nachgehen. Vieles hat schon genervt. Und da wünsche ich mir einfach, dass wir wieder zurückkommen zu »normalen Zeiten«.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Nicht wirklich! Natürlich hatte man an der einen oder anderen Stelle das Gefühl: Na also, geht auch mit weniger, man muss nicht ständig fliegen oder Auto fahren oder, oder, oder. Aber viele Dinge sind auch in den Hintergrund getreten, wie zum Beispiel die Klimadebatte oder andere wichtige gesellschaftliche Diskussionen. Außerdem tun mir auch die vielen Menschen leid, die es wirklich schwer haben in der Krise, Künstler, Soloselbstständige, alte Menschen, Menschen die auf Kurzarbeit »0« mussten. Von den finanziellen Folgen für das Gemeinwesen mal völlig abgesehen. Da kann ich am Ende nicht soviel Positives entdecken.

Sabine Müller

Geschäftsführerin der Innomar Technologie GmbH in Rostock

1. Wie wirkt sich die Corona-Krise bislang auf Innomar aus?

Der Lockdown traf uns völlig überraschend und zu einem Zeitpunkt, als die Auftragslage ausgesprochen gut war. Viele unserer Kunden stellten weltweit ihre Tätigkeit komplett ein, Aufträge wurden storniert. In den ersten sechs Wochen konnten wir überhaupt keine Verkaufsumsätze mehr erzielen.

Die Abstands- und Hygieneregeln waren einfach umzusetzen, denn die Auftragsituation führte dazu, dass unsere Mitarbeiter nun plötzlich von Kurzarbeit betroffen waren. Es wurde abwechselnd in festen Teams gearbeitet. Einige Mitarbeiter arbeiten seither vollständig oder teilweise im Homeoffice. Inzwischen konnten wir den Kurzarbeitsanteil reduzieren und der Umsatz liegt etwa bei 45 Prozent des Vorjahresniveaus. Die Reisetätigkeit ist weiterhin komplett eingestellt, was bestimmte Arbeiten erschwerte, insbesondere die Unterstützung bei Installationen auf Schiffen.

2. Was bedeuten die Beschränkungen für Ihren eigenen Job?

Die Pandemie war zunächst ein ziemlicher Schock. Manchmal klingelte das Telefon den ganzen Tag nicht und E-Mails kamen auch fast keine. Statt mit Fragen des Geschäfts musste ich mich mit den Modalitäten zur Kurzarbeit befassen. Es gab auch weitere Fragen zu klären: Wie lange wird diese Situation anhalten? Wie hält man das Team bei der Stange? Welche Maßnahmen müssen umgesetzt werden? Das hat keinen Spaß gemacht.

Eigentlich wäre Zeit gewesen, sich mal um liegengeliebene Dinge zu kümmern, aber die Gesamtsituation erschwerte das. Es war plötzlich kein

Stress mit den täglichen Aufgaben mehr da, was aber zu einer anderen Form von Stress führte.

3. Wie steht's um den Schub bei der Digitalisierung?

Wir waren schon vor der Krise ganz gut digital aufgestellt. Neben Skype, was wir schon häufig für Meetings einsetzten, wurde nun auch Zoom oder Teams probiert. Bei Schulungen und im Support nutzen wir zusätzlich TeamViewer. Eine Präsenzschulung ist zwar effektiver, aber digital geht auch, und zum Teil werden gemeinsam mit Kunden die Schulungsinhalte erarbeitet. Unsere Kunden suchen weltweit nach Lösungen, bestimmte Arbeitsinhalte digital zu realisieren. Die funktionierenden Lösungen werden wohl auch künftig Bestand haben. Reisen können eingespart werden, das spart Kosten und Zeit und schont die Umwelt.

4. Mit welchen Gefühlen schauen Sie in die Zukunft?

Die Gefühle sind gemischt. Es ist immer noch unklar, wie lange diese Situation noch andauert. Wie lange kann man Umsatzausfälle kompensieren? In unserer Branche läuft die Arbeit seit ein paar Wochen wieder an, doch wie lange wird das bei den weltweit wieder ansteigenden Infektionsraten Bestand haben? Wir haben gelernt, schwierige Situationen, auch mit den geltenden äußeren Zwängen, als Team auszuhalten. Aber die Pandemie führt uns auch vor Augen, wie fragil die Welt geworden ist und wie schnell die globalen Wirtschaftskreisläufe zusammenbrechen können. Bisher waren Wirtschaftskrisen regional oder auf einzelne Branchen beschränkt, jetzt sind jedoch fast alle Branchen weltweit betroffen.

5. Können Sie dem Ganzen auch etwas Positives abgewinnen?

Die Covid-19-Situation wirkt wie ein Reset, kaum Reisetätigkeiten, reduziertes Tempo. Plötzlich gab es keine täglichen Arbeitsziele mehr. Durch den Wegfall dringender Liefertermine war Zeit, Produktionsschritte zu überdenken und neu zu ordnen.

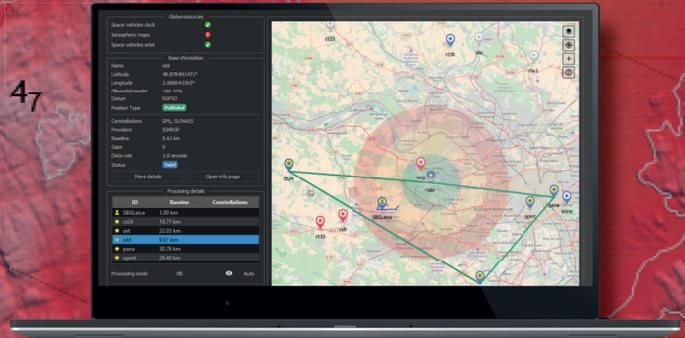
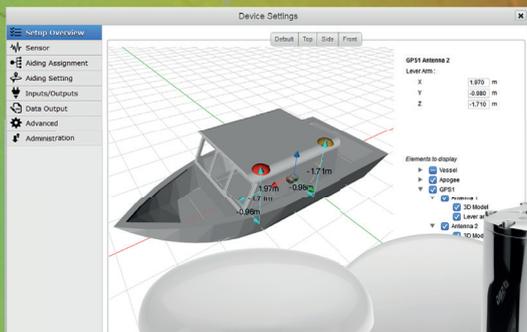
Die Reisetätigkeit, insbesondere im Vorfeld von Geschäftsabschlüssen, hat schon seit längerer Zeit kontinuierlich nachgelassen. Vieles ging schon digital. Support vor Ort, Installationen, Abnahmen, Gerätedemonstrationen und Schulungen waren jedoch immer mit Reisen verbunden. Hier wird man kreativ und versucht, die Aufgaben aus der Ferne zu realisieren. Reisetätigkeiten kann man auch nach Corona häufiger hinterfragen und alternative Möglichkeiten suchen.

Das Homeoffice wurde in den vergangenen Monaten von mehreren Mitarbeitern genutzt und wird wohl auch nach Corona in einem bestimmten Rahmen fortbestehen.

Eine Kurzarbeitsregelung von 20 Prozent, was einer Vier-Tage-Woche entspricht, wird insgesamt positiv aufgenommen. Um das dauerhaft zu realisieren und zu finanzieren, müssen aber noch wieder krisenfreie Zeiten kommen. //

Making Hydrographers' Tasks Easier

Courtesy of CADDEN



Navsight Marine Solution

State-of-the-art Motion
& Navigation Solution

Qinertia

The Next Generation INS/GNSS
Post-processing Software

OFFICIAL DISTRIBUTOR

MacArtney
UNDERWATER TECHNOLOGY

MacArtney Germany GmbH

Wischhofstrasse 1-3
Geb. 11
D-24148 Kiel
Germany

Phone: +49 431 535500 70
Email: hydro@macartney.com
Web: www.macartney.de





Präzise 3D-Positionierung mit GNSS und Polarmessverfahren

Die Leica GNSS-Instrumente empfangen und verarbeiten die Signale aller aktuellen und zukünftigen Navigationssysteme.

Höchste Präzision bei voller Automatisierung der Messabläufe garantieren die Leica Polarmesssysteme.



Leica Geosystems GmbH Vertrieb
www.leica-geosystems.de



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems