

Akademievorträge

Vortragsabend der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen im Niedersächsischen Landtag in Hannover am 24. November 2015

Gerold Wefer

Vorstöß in die unbekannte Tiefsee

MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen

Der tiefe Ozean ist auch heute noch weitgehend unerforscht. Im Vergleich zur Erkundung der Landoberfläche durch Satelliten müssen die Beobachtungen und Messungen am Meeresboden mit speziellen Tauchfahrzeugen durchgeführt werden, die direkt am Meeresboden operieren. Es handelt sich dabei zum Beispiel um bemannte Tiefseetauchboote, kabelgebundene Unterwasserroboter, völlig autonome Unterwasserfahrzeuge und videokontrollierte Gerätesysteme.

Taucht man mit Unterwasserrobotern zum Meeresboden, so zeigen sich völlig unbekannte Phänomene, z.B. im Bereich der Mittelozeanischen Rücken die schwarzen Raucher (Abb. 1).

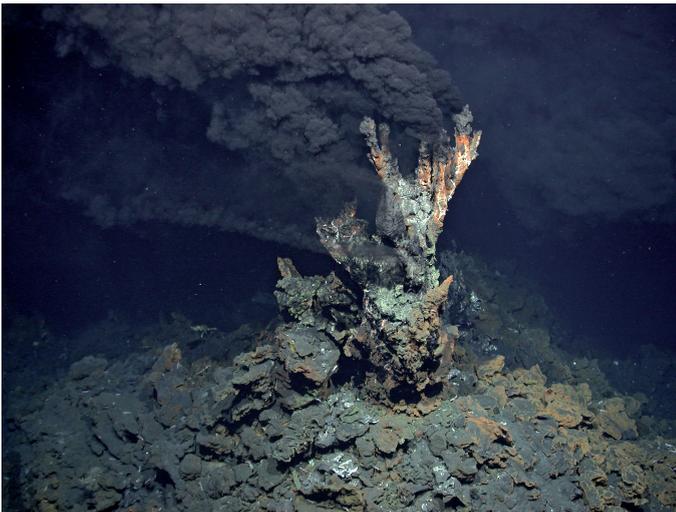


Abb. 1: Fluidaustritte am Mittelozeanischen Rücken mit Bildung von Metallsulfiden, sogenannter Schwarzer Raucher (ROV MARUM-QUEST).

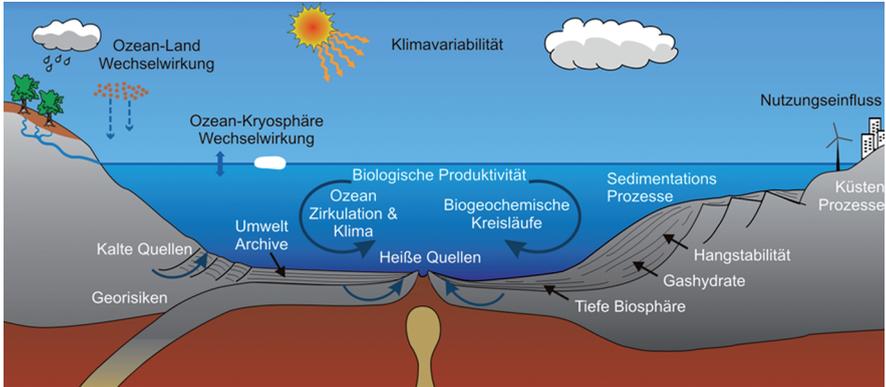


Abb. 2: Der Ozean im System Erde. Forschungsthemen des MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen.

Bei jedem Tauchgang werden Gebiete erforscht, die in der Regel vorher keiner aufgesucht hat.

Das übergeordnete wissenschaftliche Thema der Tiefseeforschung betrifft die Rolle des Ozeans im komplexen System Erde (Abb. 2). Einzelthemen sind: Ozeanzirkulation und Klima, Sedimentationsprozesse, Georisiken und Hangstabilitäten, Gashydrate, kalte und heiße Quellen, tiefe Biosphäre. Aus diesem breiten Spektrum von Themen sollen einige kurz erläutert werden.

Heiße Quellen

Ein relativ junges Forschungsthema beschäftigt sich mit heißen Quellen, mit Regionen, in denen heiße Lava austritt und neue ozeanische Kruste gebildet wird. Dieser Austausch von Substanzen und Wärme zwischen Ozeanboden und Meerwasser beeinflusst entscheidend den Stoffhaushalt des Meeres und die biologische Entwicklung von Organismen am Meeresboden. Reduzierte chemische Komponenten, die im Bereich submariner Magmenaustritte und anderer Hydrothermalssysteme am Meeresboden austreten, liefern die Energie für die auf Chemosynthese basierenden Ökosysteme. Im Gegensatz zu den Ökosystemen des Oberflächenwassers, wo unter Einfluss des Sonnenlichts das Leben von der Photosynthese gesteuert wird, werden die Vent-Gemeinschaften mit chemischer Energie aus der tiefen Erde versorgt. Große Mengen an reduzierten Verbindungen wie Methan, Schwefelwasserstoff und Wasserstoff ermöglichen die Bildung von enormer Biomasse durch in Symbiose mit Mikroorganismen lebender Fauna. Die Basis für die Nahrungskette im tiefen Ozean sind chemosynthetische Mikroorga-

nismen, die metabolische Energie durch die enzymatische Katalyse von Redox-Reaktionen erhalten.

Die Austauschprozesse finden an untermeerischen Vulkanen, Rückenachsen und Rückenflanken sowie Backarc-Spreizungszentren statt. Die Hydrothermalsysteme in der Tiefsee wurden erst vor fast 40 Jahren durch den Einsatz von Tauchbooten entdeckt. Inzwischen weiß man, dass diese geologischen Prozesse entlang der 60.000 Kilometer langen Mittelozeanischen Rücken weit verbreitet sind und eine wichtige Rolle im globalen Stoffhaushalt spielen.

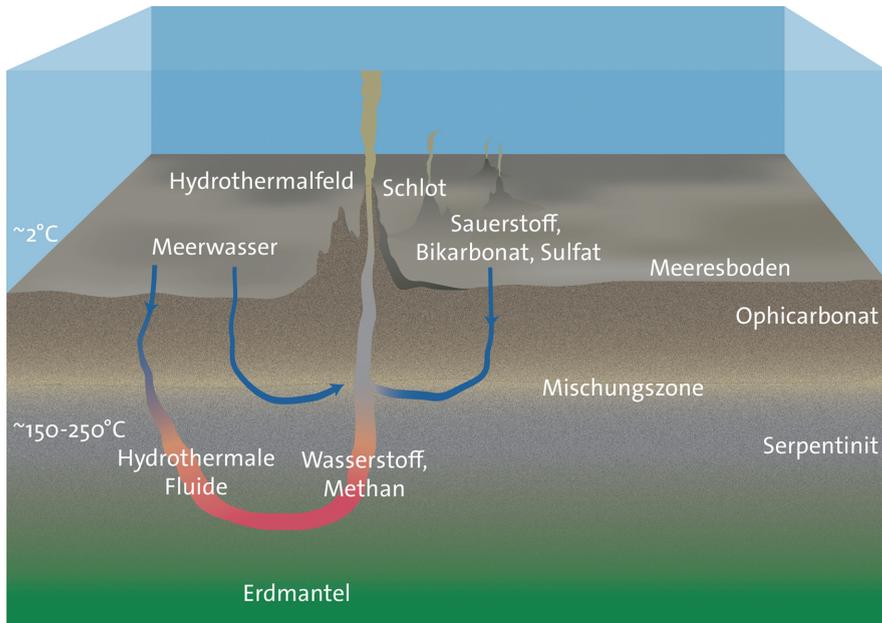


Abb. 3: Wasseraustausch an heißen Quellen (Illustration von Jack Cook, WHOI, USA, modifiziert).

An den Mittelozeanischen Rücken tritt bis zu 400°C heißes Wasser aus. Kaltes Wasser sinkt an Rissen in das Gestein; auf dem Weg zurück in die Kruste wird es aufgeheizt und löst aus den Gesteinen Komponenten, die beim Austreten des heißen Wassers in die Wassersäule vorwiegend als Sulfide ausfallen (Abb. 3).

Diese sogenannten Massivsulfide sind möglicherweise wegen ihres Metallreichtums wirtschaftlich interessant. Zur Zeit werden Voruntersuchungen durchgeführt, um festzustellen, ob man diese potentiellen Lagerstätten überhaupt und unter welchen Bedingungen abbauen kann. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover hat im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie bei der internationalen Bergbaubehörde in Jamaika zwei

Konzessionen für die Erkundung von Tiefsee-Lagerstätten erworben, und zwar für potenzielle Manganknollenlagerstätten im Pazifik und für Massivsulfide im Indischen Ozean.

Kalte Quellen

Den heißen Quellen verwandt sind kalte Quellen, bei denen es sich um Austritte von Gasen und Fluiden im Bereich der Ozeanränder handelt. Das Austreten dieser Fluide am Meeresboden führt mitunter zur Ausbildung komplexer und dynamischer Ökosysteme, die auf der Oxidation von reduzierten Fluidkomponenten basieren und in denen biologische, geochemische und geologische Prozesse auf einzigartige Weise zusammenwirken. Vorläufige Abschätzungen lassen vermuten, dass die Freisetzung von Gasen und Lösungen an Ozeanrändern vergleichbar ist mit den Austrittsraten der Hydrothermalquellen an Mittelozeanischen Rücken. Verbunden mit den Lösungsaustritten sind Lebensgemeinschaften, die ihre chemische Energie über H_2S und/oder CH_4 und andere Kohlenwasserstoffe erhalten. Diese einzigartigen und hoch spezialisierten Ökosysteme können durch besondere morphologische Strukturen wie Pockmarks, Schlammhügel, Schornsteine oder Chemotherme gekennzeichnet sein. Sauerstoffmangel, hohe Sulfidkonzentration und Mineralausfällungen (authigene Karbonate, Barytpräzipitate und Gashydrate) sind weitere Charakteristika.

Austritte von Fluiden und Gasen findet man an Kontinentalhängen häufig in Verbindung mit Salzaufstiegen (Abb. 4).

Salzdiapirismus ist nicht nur in Norddeutschland Auslöser für die Bildung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten; man findet ähnliche Prozesse im Zusammenhang mit Erdölvorkommen auch an den Kontinentalhängen vor Angola oder vor Brasilien. Durch den lithostatischen Druck bei der Ablagerung der Sedimente am Kontinentalhang werden an Verwerfungen oder Rändern des Salzkörpers Fluide und Gase ausgepresst. Ähnliche Vorgänge finden auch an „aktiven“ Kontinentalrändern, z. B. vor Südamerika im Bereich der Anden oder in Japan und Indonesien statt. Dort wird ein tektonischer Druck durch die Plattenkollisionen aufgebaut.

An Salzaufstiegen kann auch Erdöl auf natürlichem Wege austreten, meistens verbunden mit der Bildung von Gashydraten, untersucht z. B. im Golf von Mexiko. Die sogenannten Asphaltlagen entstehen dort, wo Erdöl auf natürlichem Wege austritt. Diese Asphalte werden innerhalb kürzester Zeit durch sogenannte Bartwürmer besiedelt (Abb. 5).

Diese speziellen Lebensgemeinschaften sind ähnlich wie die Lebensgemeinschaften an heißen Quellen. Die Organismen leben in Symbiose mit Bakterien und sind unabhängig vom Nahrungstransport aus dem Oberflächenwasser. In

den Asphaltlagen im Golf von Mexiko wurden auch Gashydrate thermogenen Ursprungs angetroffen.

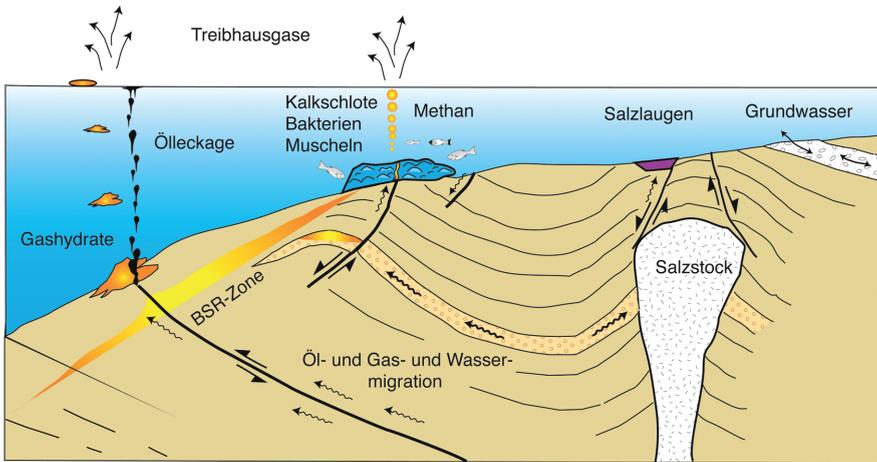


Abb. 4: Verschiedene untermeerische Fluidausstritte und ihr geologischer Rahmen, sogenannte kalte Quellen an Kontinentalrändern (aus Suess und Linke, 2015; umgezeichnet und ergänzt nach Vorlage von J. C. Moore).



Abb. 5: Asphalt-Ablagerungen im Golf von Mexiko, Besiedlung durch Bartwürmer (ROV MARUM-QUEST).

Gashydrate

Ein Forschungsthema, das in den letzten Jahren eine besondere Aufmerksamkeit erfahren hat, sind Vorkommen und Genese von Methan-Hydraten. Wegen ihrer möglichen Bedeutung als zukünftige Energiequelle sowie für die Stabilität der Kontinentalränder und als potenzielle Quelle für die Freisetzung des sehr wirksamen Treibhausgases Methan standen sie im Mittelpunkt von vielen Expeditionen.

Neben Methan als Hauptkomponente der Gashydrate kommen aber auch andere Gase vor, wie höhere Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid. Gashydrate sind feste, eisähnliche Verbindungen aus Gasmolekülen und Wasser. In den ozeanischen Sedimenten kommen sie je nach Wassertemperatur, Verfügbarkeit des Gases und entsprechendem Druck ab 300 m Wassertiefe in den ozeanischen Sedimenten vor.

Methan wird im Ozean überwiegend durch den fermentativen Abbau von organischer Substanz oder durch bakterielle Reduktionen von CO_2 gebildet. In tieferen Sedimentschichten entsteht es auch durch thermokatalytische Prozesse. Die Methanproduktion ist am höchsten an den Ozeanrändern, wo durch eine hohe Planktonproduktivität große Mengen an organischer Substanz abgelagert werden, die die Voraussetzung für eine Methanproduktion in den Sedimenten darstellt. Methanhydrate kommen an allen passiven und aktiven Kontinentalrändern vor, aber auch in Randmeeren wie dem Mittelmeer, dem Schwarzen Meer und im Baikalsee. Gashydrate entstehen im Porenraum der Sedimente, aber manchmal auch in massiver Form direkt am Meeresboden. Die in den Sedimenten festgelegten Gashydrate können durch tektonische Bewegung, Variationen von Ozeanströmungen oder Temperaturänderungen freigesetzt werden. Dadurch können große Hangrutschungen verursacht werden, wie z.B. vor Norwegen vor 8000 Jahren, damals verbunden mit einem bis zu 20 Meter hohen Tsunami.

Ein Kubikmeter Methanhydrat kann etwa 160 m^3 Methangas enthalten. Die Vorkommen sollen gewaltig sein, sehr viel höher als die Vorräte aus Kohle, Erdgas und Erdöl zusammen. Die Schätzungen sind jedoch sehr ungenau und werden in Frage gestellt. Etablierte Abbaufahren gibt es bisher nicht; erste Produktionstests werden aber von einigen Ländern durchgeführt. Methan ist ein sehr wirksames Treibhausgas. Bei einem Abbau muss unbedingt verhindert werden, dass Methan in die Wassersäule freigesetzt wird. Eine ungeklärte Frage ist auch, ob heute durch die Erwärmung des Ozeans zusätzliches Methan freigesetzt wird.

Stabilität von Ozeanrändern

Hangstabilitäten und Georisiken sind weitere aktuelle Fragestellungen. Durch die Gewinnung von Gas und Öl am tiefen Ozeanrand (Kontinentalrand) und der damit verbundenen Installation von großdimensionierten Anlagen stellt sich vermehrt die Frage nach der Stabilität dieser Ränder. Bathymetrische und seismische Kartierungen des Meeresbodens haben gezeigt, dass Hangrutschungen von unterschiedlicher Größe an allen Kontinentalrändern angetroffen werden. Dabei können Hunderte von Kubikkilometern Sediment hangabwärts transportiert werden. Ursachen können neben vielen anderen Faktoren Erdbeben oder die Freisetzung von Gashydraten sein. Solche Hangrutschungen unter Wasser können Tsunamis auslösen oder technische Infrastrukturen wie Kommunikations- und Produktionseinrichtungen zerstören. Hangrutschungen treten sowohl an passiven als auch an aktiven Kontinentalrändern sowie an ozeanischen Inseln und Rücken und auch an Flussdeltas auf.

Tohoku Erdbeben

Das Erdbeben vor Japan im März 2011 und die dadurch ausgelöste bis zu 38 Meter hohe Tsunami-Welle, ist auch heute noch sehr präsent. Bereits ein Jahr nach dem Erdbeben konnte mit Unterstützung der Bundesregierung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft, zusammen mit japanischen Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Universitäten und Forschungsinstituten, eine Expedition mit dem Forschungsschiff SONNE in das Gebiet vor Sendai durchgeführt werden.

Die Ursache dieses Erdbebens hängt mit der Kollision der nordamerikanischen mit der pazifischen Platte zusammen, die sich ungefähr mit 9 cm pro Jahr aufeinander zubewegen (Abb. 6). Das Besondere an diesem Erdbeben war, dass es in relativ geringer Tiefe von etwa 25 Kilometern stattfand. Sonst sind dort Erdbeben häufig, die zwischen 150 und 200 Kilometern Tiefe ausgelöst werden. Sehr schnell war durch Vermessungen bekannt, dass sich vor Sendai die Kruste ruckartig nach Ost/Südost bewegt hat, in einzelnen Bereichen bis zu 50 Meter.

Regionaler Schwerpunkt unserer Forschungsarbeit war die Bucht von Sendai, in der auch die Kernkraftwerke von Fukushima liegen. Ziel war es, dieses Gebiet genau mit dem Fächerecholot zu vermessen und mit Karten zu vergleichen, die von japanischen Kollegen bereits 1999 erstellt wurden. Außerdem wurden Sedimentkerne zur Dokumentation des Erdbebens gewonnen.

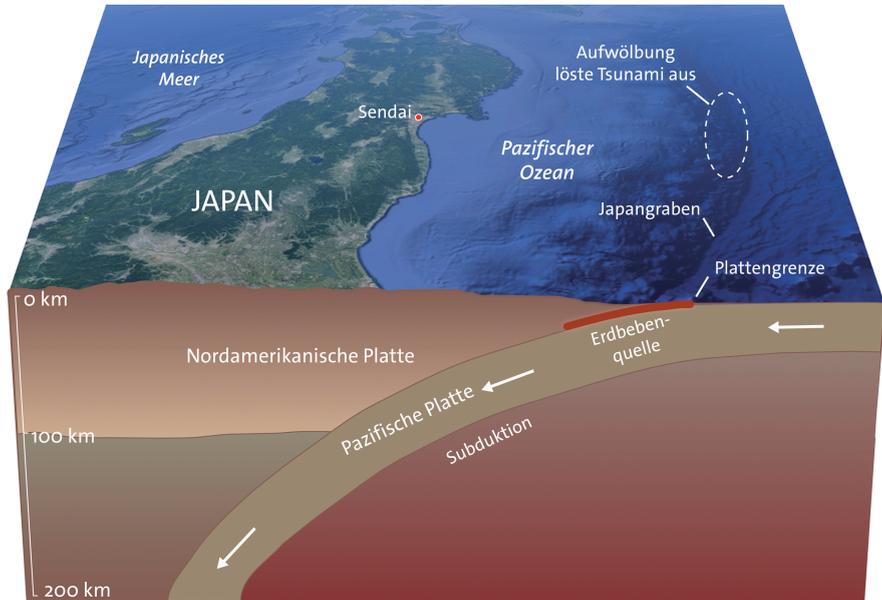


Abb. 6: Plattenkollision vor Japan: die Pazifische Platte schiebt sich mit 9 cm/Jahr unter die Nordamerikanische Platte. In etwa 25 km Tiefe wurde im März 2011 ein Erdbeben ausgelöst (nach Sagiya et al. (2011), modifiziert).

Aus dem Kartenvergleich von 1999 und 2011 war ersichtlich, dass sich besonders die Morphologie im Bereich des Tiefseegrabens verändert hat, der vor dem Erdbeben relativ flache Meeresboden hat sich durch das Erdbeben aufgewölbt. Die Frage war, ob die Auswölbung z.B. mit den durch den Tsunami verursachten Hangrutschen zusammenhängt oder ob es andere Ursachen gibt.

Die Untersuchungen der Sedimentkerne und auch der Vermessungen zeigten, dass es sich nicht um einen Hangrutsch handelt. Es ist kein Material vom Kontinentalhang in die Tiefsee abgerutscht, sondern durch die kontinuierliche Konvergenz von 9 cm pro Jahr wurde Druck aufgebaut, der ruckartig durch das Auspressen eines Keils abgebaut wurde (Abb. 7). Bohrungen mit dem japanischen Bohrschiff CHIKYU, die etwa zeitgleich zu unserer Expedition durchgeführt wurden, zeigten, dass diese Bewegungen auf einer Tonschicht stattfanden und die Tone wahrscheinlich als Schmiermittel wirkten.

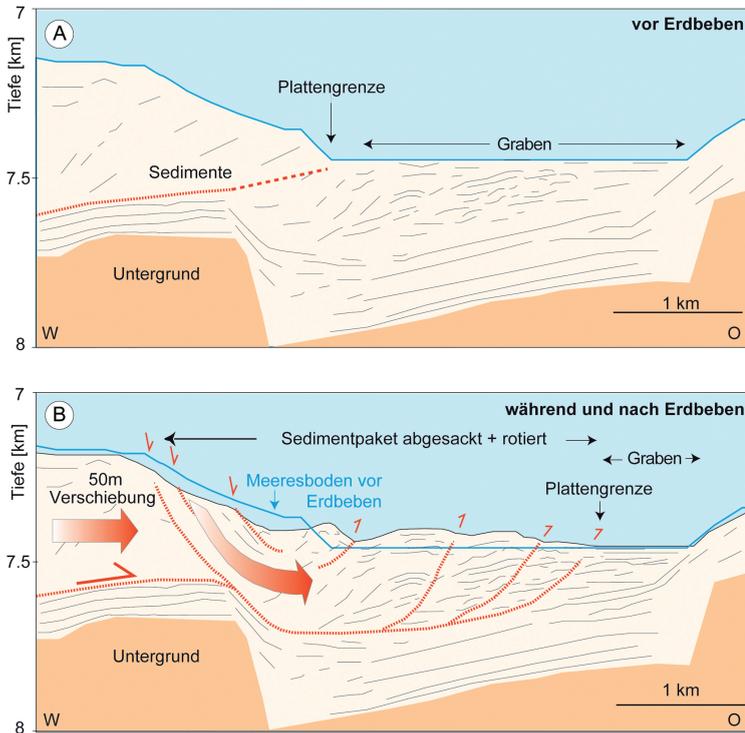


Abb. 7: Aufwölbung des Tiefseegrabens vor Japan als Folge des Tohoku-Oki Erdbebens am 11. März 2011 (aus Strasser et al. (2013), umgezeichnet).

Tiefwasserkorallen

Völlig neue und bisher unbekannte Ökosysteme werden ständig im tiefen Ozean entdeckt. Ein eindrucksvolles Beispiel sind die Tiefwasserkorallenriffe, die vor allem von den Arten *Lophelia pertusa* und *Madrepora oculata* gebildet werden. Die Riffe kommen weltweit vor und besiedeln einen speziellen Tiefenbereich von etwa 300 bis 1200 Metern. Am besten bekannt sind die Tiefwasserkorallenriffe im Nordatlantik (Abb. 8a). Von der Nordspitze Norwegens bis zur Straße von Gibraltar zieht sich ein 4500 Kilometer langer Saum von Korallenriffen. Einige Riffkomplexe können bis zu zehn Meter hoch werden und ein Alter von einigen tausend Jahren erreichen. Eine reiche Artengemeinschaft ist mit den Tiefwasserkorallen assoziiert. Über tausend andere Arten wurden bereits aus dem Bereich der Tiefwasserkorallen beschrieben. See- und Schlangensterne, Muscheln und Brachiopoden und viele andere Gruppen siedeln im weit verzweigten Netz der Korallen. Zudem nutzen viele Fische die Riffe als „Kinderstube“.



Abb. 8a: Kaltwasser-Korallenriff vor Norwegen (ROV Victor, IFREMER).

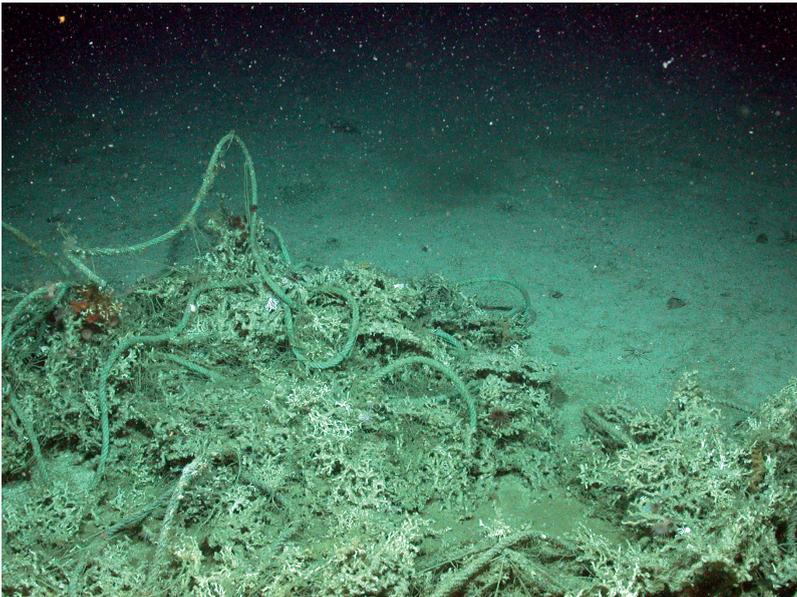


Abb. 8b: Spuren der Bodenschleppnetzfisherei im Kaltwasser-Korallenriff vor Norwegen (ROV Victor, IFREMER)).

Die reichhaltige Fischfauna führt aber auch dazu, dass ein Teil der Riffe mit schwerem Fischereigeschirr zerstört wird. Im Rahmen mehrerer EU-Projekte wurden einzelne Riffe erforscht und als ein Ergebnis wurde dokumentiert, dass viele Riffe bereits durch die Fischerei zerstört wurden (Abb. 8b). Man fand häufig Überreste von Netzen und die mit den ROVs gewonnenen Bilder haben dazu beigetragen, dass Schutzgebiete für diese Kaltwasserkorallen eingerichtet wurden, z. B. vor Norwegen. Eine weitere Gefährdung der Riffe könnte von einer zunehmenden „Versauerung“ des Ozeans durch die zusätzliche Aufnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre ausgehen.

Unterwassertechnologien

Zur Erforschung des tiefen Ozeans werden größere Forschungsschiffe wie FS METEOR, MARIA S. MERIAN, SONNE oder POLARSTERN sowie spezielle Geräte benötigt: Unterwasserfahrzeuge, Bohrgeräte oder Verankerungen. Drei Geräte sollen hier kurz erläutert werden:

1. Remotely Operated Vehicles oder kurz ROVs sind Fahrzeuge, die mit einem Kabel verbunden bis in große Tiefen tauchen, dort Beobachtungen sowie Vermessungen vornehmen und mit Greifarmen komplizierte Experimente durchführen und einzigartige Proben nehmen können.
2. Autonome Unterwasserfahrzeuge (AUVs) sind Fahrzeuge verschiedenster Bauart, die selbstständig abtauchen und den Meeresboden autonom vermessen können. Sie dienen der Gewinnung hochauflösender Datensätze wie z. B. Mikrobathymetrie, Rückstreuintensität des Meeresbodens oder Verteilung von physikalischen oder chemischen Komponenten.
3. Das MeBo ist ein Meeresbodenbohrgerät und dient – als Alternative zu Bohrschiffen – der Gewinnung von Bohrkernen. Es wird bis in eine Wassertiefe von 2.700 Metern am Meeresboden abgesetzt und kann bis 200 Meter tief hinein in den Meeresboden bohren.

Remotely Operated Vehicle (ROV)

Ein ROV ist mit dem Schiff durch ein armiertes Kabel verbunden und fährt selber zum Meeresboden und wieder nach oben (Abb. 9). Die Energieversorgung geschieht über das Kabel und, im Gegensatz zu einem Tauchboot, praktisch mit unbegrenzter Zeit. Von einem Kontrollcontainer aus wird das ROV durch zwei Piloten gesteuert.



Abb. 9a: Aussetzen eines Remotely Operated Vehiclec (ROV) vom Forschungsschiff METEOR aus (MARUM, V. Diekamp).



Abb. 9b: ROV QUEST des MARUM, Bremen. Einsatztiefe bis 4000 m Wassertiefe.

Von dort ist eine Übertragung in ein Labor möglich, so dass sich bis zu 20 Wissenschaftler/innen am Tauchgang aktiv beteiligen und Vorschläge für z.B. Probenahmen machen können. Mit einigen Bildern sollen wissenschaftliche Fragestellungen gezeigt werden (Abb. 10).

Untersucht werden Gashydrate, die Stabilität der Hänge, untermeerischer Vulkanismus, die Bildung ozeanischer Kruste oder Hydrothermalquellen. Andere aktuelle Themen sind die Entstehung des Lebens auf der Erde und Biodiversität in der Tiefsee sowie Kaltwasserkorallen.

Mit den Greifarmen der ROVs können gezielt Sedimentproben genommen werden, z.B. in einem Bakterienrasen in einem anoxischen Gebiet. Mit den Greifarmen können auch Geräte installiert oder wieder geborgen werden. Es werden spezielle Geräte zur Probennahme entwickelt, z.B. ein Staubsaugersystem, um damit Krebse für Untersuchungen an Bord zu fangen.



Abb. 10: Mit ROVs bearbeitete wissenschaftliche Fragestellungen (V. Ratmeyer, MARUM).

Vermessung des Meeresbodens mit Autonomen Unterwasserfahrzeugen (AUVs)

Für die Vermessung des Meeresbodens werden Fächerecholote auf Forschungsschiffen und AUVs eingesetzt. Mit den auf den Schiffen installierten Geräten kann ein Streifen in ungefähr zweifacher Meerestiefe vermessen werden. Dadurch werden bereits sehr gute Karten erstellt, die Basis sind für die Einsätze mit den AUVs oder Tauchrobotern. Kleinere Regionen, die wissenschaftlich besonders interessant sind, werden mit Fächerecholoten auf autonomen Unterwasserfahrzeugen untersucht, die einige Zehnermeter über dem Meeresboden Kurse abfahren.

Als Beispiel für eine AUV-Detailkarte zeigt Abb. 11 den Helgoland Schlammvulkan aus dem Gebiet vor der Halbinsel Krim im Schwarzen Meer. Verbunden mit Schlammdiapirismus treten dort neben dem Schlamm Gase und Fluide aus.

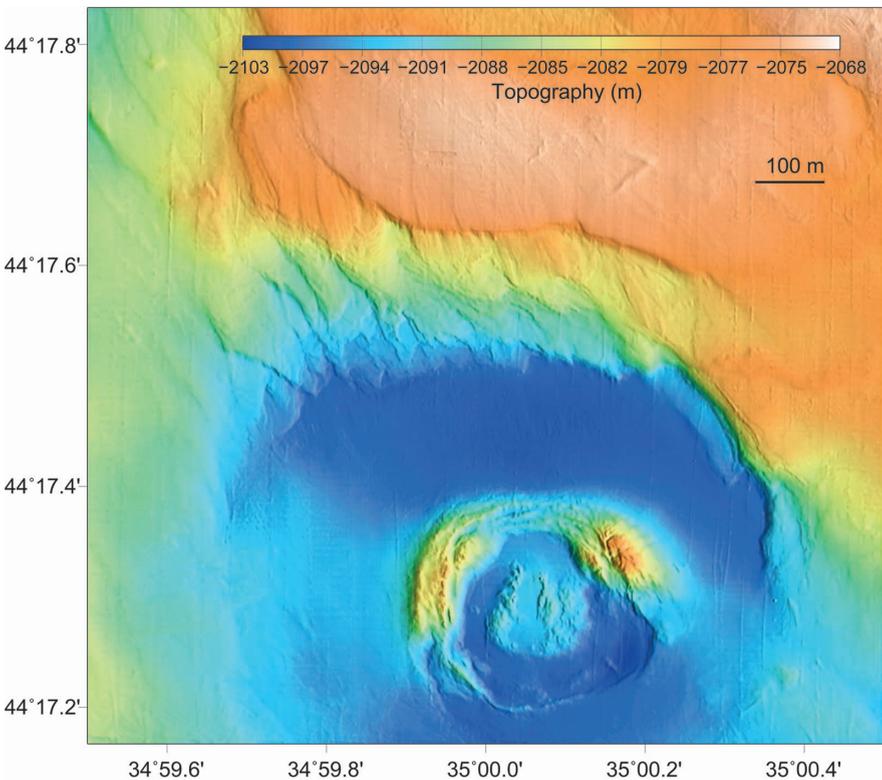


Abb. 11: Vermessung des Meeresbodens, mit einem autonomen Unterwasserfahrzeug. Detailkarte des Helgoland Schlammvulkans im Schwarzen Meer (AUV MARUM-SEAL)

Meeresbodenbohrgerät MeBo

Eine neue Möglichkeit Bohrungen durchzuführen, ohne dass ein Bohrschiff zur Verfügung steht, ist ein mit einem dicken Kabel verbundenes Unterwasserbohrgerät, das am Meeresboden abgesetzt wird. Das 10 Tonnen schwere Gerät wird von einem Stahlkabel getragen, welches Kupferkabel zur Energie- und Glasfaserkabel zur Datenübertragung für die Steuerung des Gerätes enthält. Im MARUM wurde das Gerät zusammen mit der Firma PRAKLA Bohrtechnik in Peine entwickelt und bereits auf über zehn Expeditionen mit unterschiedlichen deutschen, französischen, britischen und irischen Forschungsschiffen eingesetzt (Abb. 12).



Abb. 12: Meeresbodenbohrgerät MeBo70, eingesetzt vom Forschungsschiff METEOR aus (MARUM, V. Diekamp).

Mit diesem Bohrgerät können sowohl Sedimente als auch Festgestein erbohrt werden. Mit dem Bohrgerät ist auch die Installation von Messgeräten im Bohrloch möglich, die später von einem Unterwasserroboter wieder geborgen werden.

Wissenschaftliche Bohrungen

In einem internationalen Programm, dem Integrated Ocean Discovery Program (IODP), an dem ungefähr 30 Nationen beteiligt sind, werden mehrere Bohrschiffe eingesetzt (Abb. 13a). Ein Bohrschiff, die JOIDES Resolution, wird von den USA zur Verfügung gestellt. Es kann in Wassertiefen von einigen Kilometern bis zu zwei Kilometer tief bohren. Die Europäer mieten spezielle Schiffe an für Mission-Specific-Operations und bohren damit z.B. im arktischen Ozean oder auch im extremen Flachwasser.

Japan hat vor einigen Jahren ein neues Schiff in Dienst gestellt, die CHIKYU (Abb. 13b). Das Besondere an dem Schiff ist, dass es mit einem „blow-out preventer“ ausgerüstet ist und Bohrlöcher verschließen kann, falls eine Gas- oder Erdlagerstätte angebohrt wird. Zudem verfügt die CHIKYU (japanisch Erde) über einen geschlossenen Spülkreislauf. Das Bohrgut wird nicht am Meeresboden abgelagert, sondern gelangt wieder auf das Schiff, wo die Gesteinsbrocken abgetrennt werden, um die Bohrflüssigkeit wieder zu benutzen.

Aus dem umfangreichen Programm des Integrated Ocean Discovery Program soll eine Expedition herausgegriffen werden, die im Seegebiet zwischen Japan und Russland stattgefunden hat. Ziel der Bohrung waren Kohleflöze in über zwei Kilometern Tiefe, und es sollte erforscht werden, bis in welche Sedimenttiefen Leben überhaupt möglich ist. Man muss bedenken, dass im Durchschnitt pro Kilometer eine Temperaturerhöhung von 30°C auftritt, bei 2.000 Meter Sedimenttiefe können also schon Temperaturen von 70–80°C auftreten. Solche Bohrungen können nur mit einem größeren Bohrschiff durchgeführt werden, das auch die entsprechende Menge an Bohrgestängen transportieren kann und über einen geschlossenen Spülkreislauf zur Stabilisierung des Bohrlochs verfügt. Da in Kohleflözen Gas erwartet wurde, muss das Schiff natürlich auch über einen „blow-out preventer“ verfügen.

Hauptziel der Expedition war es zu beantworten, bis in welche Tiefen noch Leben existiert. Zur Anwendung kamen unterschiedliche Methoden: mikrobielle Aktivität, Einfärbungen von lebenden Zellen oder DNA Untersuchungen. Es wurde Leben in den Kohleflözen in 2.200 Metern Tiefe gefunden, dort leben Bakterien und Archaen.

Nach bisherigem Kenntnissstand konnten bis in gut 1.000 Metern Tiefe Bakterien und Archaen nachgewiesen werden (Abb. 14); jetzt kann man den Lebensbereich von Bakterien und Archaen auf bis über 2.200 Meter Sedimenttiefe erweitern.

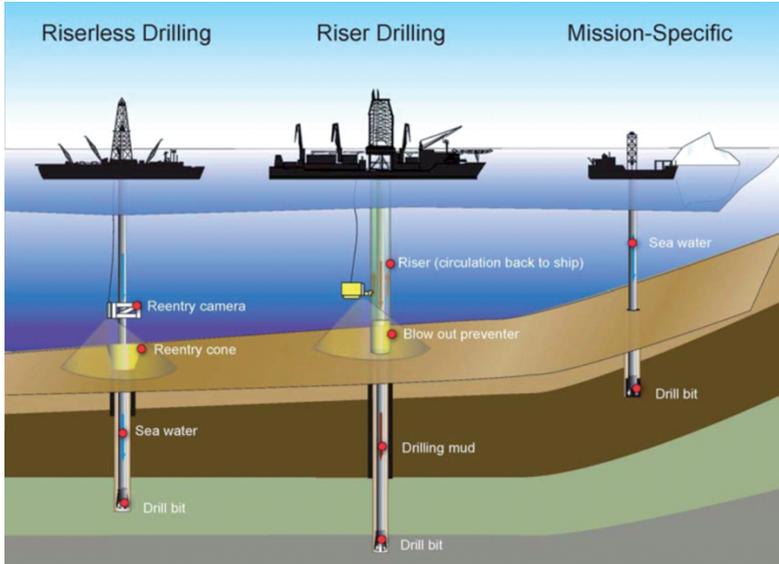


Abb. 13a: Bohrplattformen des Integrated Ocean Discovery Program. JOIDES Resolution, USA (links), CHIKYU, Japan (Mitte) und gecharterte Plattform des europäischen Konsortiums ECORD (rechts).



Abb. 13b: Japanisches Bohrschiff CHIKYU (Japanisch „die Erde“), ausgerüstet mit einem geschlossenen Spülkreislauf und blow-out preventer.

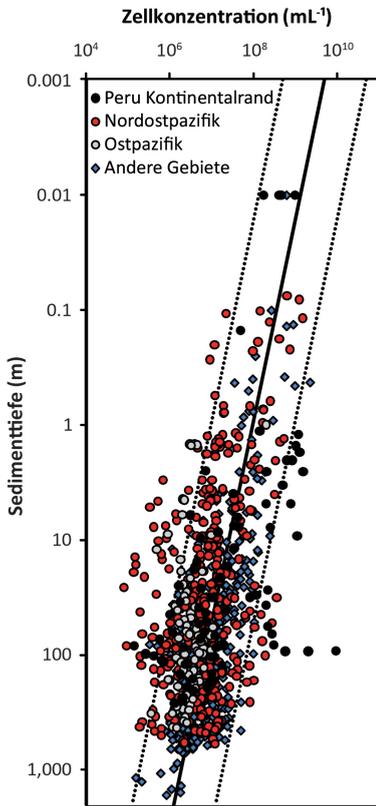


Abb. 14: Konzentration intakter Zellen in marinen Sedimenten (J. Lipp, MARUM, basierend auf Daten von Parkes et al. (2000) und neueren Daten).

Ein Bohrschiff ist wie eine kleine Stadt, eigenversorgt mit über 100 Leuten an Bord, technischem Personal und Wissenschaftlern aus aller Welt. Zur Analyse werden ungefähr 9 Meter lange Kerne in einem Bohrvorgang gewonnen. Diese Bohrkern werden in 1 1/2 Meter Sektionen geschnitten, längs aufgeteilt und anschließend mit unterschiedlichsten Methoden untersucht. Mit einem Röntgengerät werden Strukturen sichtbar gemacht. Mit einer Presse wird das zwischen den Körnern befindliche Porenwasser ausgepresst und anschließend analysiert. Es sind natürlich ganz geringe Mengen, aber mit schon einigen Tropfen können viele Analysen durchgeführt werden. Gearbeitet wird an Bord im 24-Stunden-Betrieb und die beiden Fahrleiter und auch die anderen Expeditionsteilnehmer arbeiten in 12-Stunden-Schichten. Einige Arbeiten werden in Speziallaboren durchgeführt, die mit an Bord gebracht werden. Für alle Wissenschaftsbereiche sind Spezialisten an Bord, so z. B. für Mikroskopaufnahmen oder chemische Analysen.

Nationale und internationale Kooperation

Die oben beschriebenen Forschungsarbeiten sind interdisziplinär und in der Regel Gemeinschaftsarbeiten mehrerer Arbeitsgruppen aus Deutschland und aus dem Ausland. Häufig sind sie eingebunden in internationale Projekte. In Deutschland hat sich in den letzten Jahrzehnten eine international ausgerichtete, sehr kompetente Meeresforschung entwickelt, die an Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft, an Max-Planck-Instituten, an Instituten der Leibniz-Gemeinschaft, Bundesforschungseinrichtungen, Universitäten und Museen angesiedelt ist. Die Forschungsleistungen drücken sich auch in drei Exzellenzclustern der Exzellenzinitiative von Bund und Ländern in Kiel, Hamburg und Bremen aus.

Koordiniert werden diese Aktivitäten in Deutschland durch das Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM). KDM unterhält ein Büro im Wissenschaftsforum in Berlin und ein kleines Büro in Brüssel und hat sich zum Ziel gesetzt, umfassende Forschungsplanung zu betreiben, insbesondere in internationalen Kooperationen. KDM ist zudem Ansprechpartner für Entscheidungsträger und macht Vorschläge für neue Infrastrukturen und sein Management und betreibt die gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit zum Wissenstransfer in die Bevölkerung (<http://www.deutsche-meeresforschung.de>).

Dank

Ich danke dem Niedersächsischen Landtag für die Möglichkeit, am 24. November 2015 dieses Thema Mitgliedern des Landtags und der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen sowie interessierten Bürgern vortragen zu dürfen. Ein Dank gilt auch Gerhard Bohrmann für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.