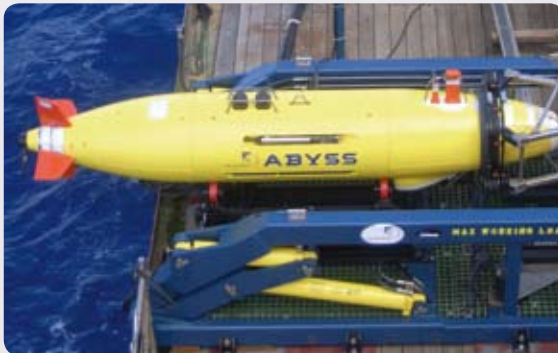


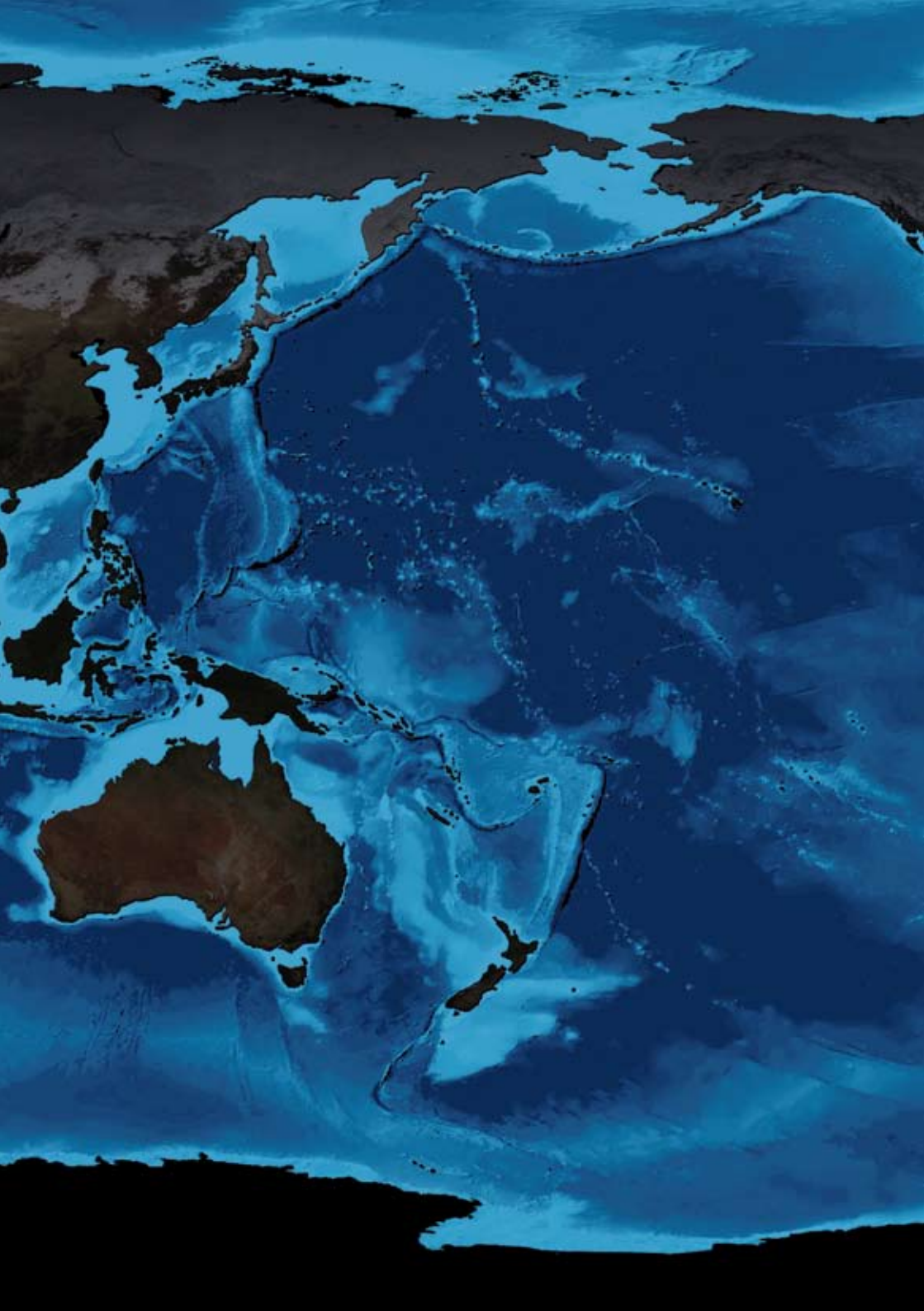


KINDER- UND SCHÜLERUNI KIEL

| Für Schülerinnen und Schüler von 12 bis 16 Jahren

Begleitheft zum Vortrag von Dr. Sven Petersen

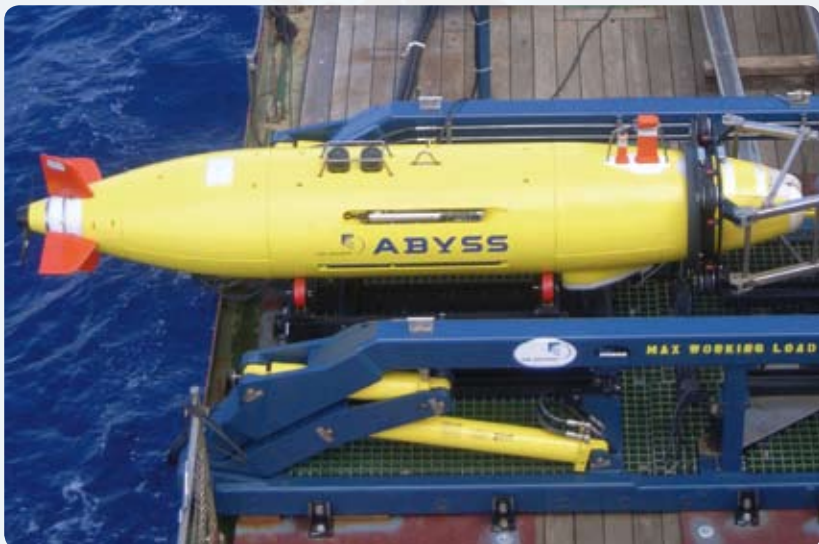




WARUM FORSCHER MIT EINEM TAUCHROBOTER NACH EINEM FLUGZEUGWRACK SUCHEN KÖNNEN UND MANCHMAL AUCH MÜSSEN

Dr. Sven Petersen,

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften
(IFM-GEOMAR)



Die Erde ist zu 70 Prozent von Wasser bedeckt. Besonders die Tiefsee bleibt geheimnisvoll. Sie ist zum größten Teil noch unerforscht. Die Arbeiten in großen Wassertiefen sind technisch hoch anspruchsvoll und durchaus vergleichbar mit Untersuchungen im Weltraum. Welche Techniken bei der Erforschung der Meere, aber auch bei Katastrophen wie Flugzeugabstürzen oder dem Ölplattform-Unglück im Golf von Mexiko eingesetzt werden, zeigt der Meeresforscher Dr. Sven Petersen.

Was können Tauchroboter?

In den Meeresgeowissenschaften sind sogenannte **bathymetrische Kartierungen**, also eine Aufnahme der Topographie (= Geländeskizze/Geländebeschreibung) des Meeresbodens, eine Grundvoraussetzung für spätere Arbeiten am Meeresboden. So müssen wir z.B. erkennen wo Vulkane am Meeresboden vorkommen, welche Arten von Gebirgen vorliegen und wo sie liegen. Satelliten, die an Land für diese Aufnahmen eingesetzt werden, helfen uns dabei nicht, da Wasser für diese Satelliten nicht durchsichtig ist. Wir nutzen daher auf unseren Forschungsschiffen Instrumente (Echolote), die ein akustisches Signal als Fächer zum Meeresboden aussenden und mit Computerhilfe aus der Laufzeit der Schallwellen zum Meeresboden und zurück die Tiefe des Meeresbodens in dem beschallten Bereich ermitteln.

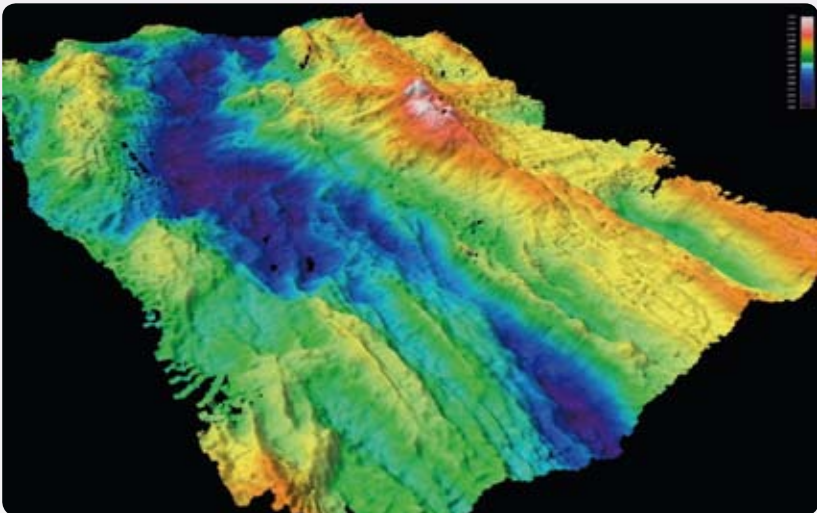


Abb. 1: Geländemodell des Mittelatlantischen Rückens, der das Relief dieser untermeerischen Gebirge zeigt. Die Wassertiefen in diesem Bereich liegen zwischen 4200 m und 700 m und die Morphologie ist somit durchaus mit der der Alpen vergleichbar.

Das Schiff fährt dabei auf vorgegebenen, meist parallelen, Routen das Arbeitsgebiet ab und aus der Vielzahl von Messungen von der Wasseroberfläche aus kann dann ein Geländemodell des Untergrundes erstellt werden. Diese Echolotkartierungen können aufgrund der Geschwindigkeit des Schiffes sehr große Flächen in wenigen Tagen kartieren. Leider ist die Auflösung dieser Karten von der Wassertiefe abhängig. Im Flachwasser haben diese so erstellten Karten eine sehr hohe Auflösung (im Zentimeterbereich), in Wassertiefen von z.B. 3000 m verringert sich die Auflösung auf etwa 20 m, d.h. Strukturen, die kleiner als 20 m im Durchmesser sind, können wir nicht auflösen. Für detaillierte Untersuchungen muss man die Wasseroberfläche verlassen und dichter an den Meeresboden herangehen.



Abb. 2: Prinzipskizze eines schiffsgestützten Fächerecholotes. Der Schallimpuls wird unter dem Schiff erzeugt und als Fächer abgestrahlt. Aus der Rücklaufzeit der Signale kann ein Geländemodell errechnet werden. Quelle: Atlas Hydrographic.

Untersuchungen am Meeresboden in der Tiefsee sind generell mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Zum einen erlaubt der hohe Druck dem Menschen nicht, ungeschützt die Tiefsee zu erkunden. Andererseits nimmt die Helligkeit mit zunehmender Tiefe so schnell ab, dass wir innerhalb weniger Meter nichts mehr sehen können. Die für den Menschen lebensfeindlichen Bedingungen haben dazu geführt, dass die Tiefsee oft mit dem Weltraum verglichen wird und deshalb in Anlehnung an den Begriff „Outer Space“ als „Inner Space“ bezeichnet wird. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass wir als Meeresforscher, ebenso wie im Weltraum, auf besondere Techniken angewiesen sind, wenn wir in den Tiefen der Ozeane arbeiten bzw. die Struktur des Meeresbodens erkennen wollen.

Um uns zu schützen benötigen wir **Forschungstauchboote**, die mittels Batterien ein bis zwei Wissenschaftler sowie die Piloten für mehrere Stunden an den Meeresboden bringen können. In Kiel haben wir den **JAGO**, mit dem zwei Personen bis in 400 Meter Wassertiefe tauchen können.

In den letzten Jahren wurden neben den Forschungstauchbooten auch **ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge, sogenannte remotely operated vehicles (ROV)**, entwickelt, die mittels eines Kabels mit dem Schiff verbunden sind, zum Meeresboden herabgelassen werden und ferngesteuert die Arbeiten am Boden durchführen können. Sie sind mit Greifarmen, einer Vielzahl von Kameras und Lampen ausgestattet und können von den Piloten zielgenau zur Beprobung von Gesteinen, Tieren und Fluiden (Strömungspartikeln) sowie zur visuellen Beobachtung (z.B. mit HD-Kameras) von Prozessen eingesetzt werden. Aufgrund der Energieversorgung durch das Schiff erlauben diese ROV's deutlich längere Einsatzzeiten am Meeresboden als mit bemannten Tauchbooten. Durch die Live-Übertragung der Bilder auf das Forschungsschiff sind die Wissenschaftler der verschiedenen Fachrichtungen in der Lage, die Arbeiten zu koordinieren. Das IFM-GEOMAR verfügt über eines dieser Systeme, welches in Wassertiefen bis zu 6000 m arbeiten kann und damit den größten Teil des Meeresbodens mit Ausnahme der Tiefseegräben erreichen kann. Es ist der **ROV 6000**, der gerade vor Chile bis in 6000 Meter Tiefe eingesetzt wurde und damit seinen Tiefenrekord aufgestellt hat.

So sehr wir diese ROV'S schätzen, es bleiben eine Reihe von Nachteilen bestehen. Wir können in der Tiefsee nicht weiter sehen als die Lampen reichen, das sind vielleicht 15-20 m, und wir sind am Boden relativ langsam. Die Tauchgänge werden auch über längere Strecken mit Geschwindigkeiten von vielleicht 0,5 – 1 Knoten (1 Knoten = 1 Seemeile/Stunde = 1,852 km/h) durchgeführt. Das liegt insbesondere daran, dass man das ROV und das Schiff gleichzeitig koordiniert bewegen muss. Man kann dies durchaus mit einem nächtlichen Spaziergang in einem unbekanntem Wald vergleichen, bei dem zwei Personen Hand in Hand gehen und etwas mit einer Taschenlampe suchen. Ein ROV ist also hervorragend dazu geeignet, spezielle Arbeiten am Meersboden auszuführen, aber nicht dafür geeignet, größere Flächen systematisch abzusuchen.

Der Absturz des Airbus AF447

Im Juli 2009 ist ein **Flugzeug** der Fluggesellschaft Air France (AF447) auf seinem Flug von Brasilien nach Frankreich im zentralen Atlantik **abgestürzt**. Dabei starben alle 228 Menschen an Bord. Um die Ursache für den Absturz genau aufzuklären, war es für alle Beteiligten von besonderem Interesse, die sogenannten „Black Boxes“, die wichtige Informationen über die letzten Minuten an Bord aufzeichnen, zu bergen. Deshalb wurde beschlossen, eine intensive Suche nach Wrackteilen einzuleiten. Die Absturzstelle war nicht genau bekannt, d.h. es musste ein sehr großes Seegebiet (~4000 km²) durchsucht werden. Das Gelände ist von seiner Topographie mit einem Hochgebirge wie den Alpen vergleichbar und weist Höhenunterschiede von bis zu 4000 m auf. Aufgrund der grossen Wassertiefen und der Unwegsamkeit des Geländes waren die oben beschriebenen Echolotkartierungen, die von französischen Forschungsschiffen durchgeführt wurden, nicht in der Lage, Hinweise auf Wrackstücke zu liefern. Wie sich jeder vorstellen kann, ist auch ein ROV nicht das geeignete Mittel für eine solche Suche.

Mit dem ABYSS auf der Suche nach den Wrackteilen des Flugzeuges – in 4000 Metern Wassertiefe

Aus diesem Grund wurde im April-Mai diesen Jahres eine weitere Suchgruppe zusammengestellt, an der auch das jüngste Kieler Tiefsee-Forschungsgerät beteiligt wurde. Hierbei handelt es sich um ein sogenanntes **autonomes Unterwasserfahrzeug (AUV)**, welches wie ein Torpedo aussieht und mit Hilfe von verschiedenen Echoloten und Sensoren sowohl den Meeresboden kartieren, als auch physikalische Parameter aus der Wassersäule sammeln kann. Dieses AUV hat den Vorteil, dass es nahe am Meeresboden, meistens dichter als 200 m, fliegen kann und somit mit dem Echolot oder dem Sonar den Meeresboden hochauflösend kartiert. Darüber hinaus ist es mit einer Geschwindigkeit von drei bis vier Knoten deutlich schneller als das ROV. Es vereint also ideal die Vorteile aus Geschwindigkeit und Reichweite eines Schiffes mit denen der guten Auflösung, die ein ROV dicht am Meeresboden erreichen kann.



Abb. 3: AUV ABYSS im Einsatz.

Unser AUV heißt **ABYSS**, ist vier Meter lang, wird mit Lithium-Batterien bestückt, mit denen es über 24 Stunden lang autonom arbeiten kann und ist in Wassertiefen bis zu 6000 m einsetzbar. Die Anschaffung des AUV-Systems erfolgte mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Zu Beginn eines AUV-Einsatzes wird dem Fahrzeug Ziel, Kurs und Aufgabe einprogrammiert, die es dann selbstständig abarbeitet. Nach dem Tauchgang wird das Gerät wieder geborgen, die Daten werden ausgelesen und verarbeitet und die Batterien müssen geladen werden. Um die Suche effizienter zu machen, wurde für diese Suche nicht nur unser Kieler Gerät benutzt, sondern es wurden zwei weitere AUV

desselben Typs für diese Aufgabe aus den USA gemietet. Dadurch wurde ein 24-Stunden Betrieb an Bord sichergestellt. Weltweit gibt es weniger als ein dutzend autonome Fahrzeuge, die in Wassertiefen bis 6000 m arbeiten können. Dies war einer der Hauptgründe dafür, dass Fahrzeuge diesen Typs für die Suche eingesetzt worden sind. So einfach, wie sich das hier anhört, war es aber zunächst nicht. Da die Zeit drängte und alle drei Geräte zusammen von den USA nach Brasilien verschifft werden mussten – und unser AUV auch noch zu Wartungsarbeiten zum Hersteller in die USA geschickt werden musste - wurde unser AUV mittels einer Frachtmaschine des Typs Airbus A380 in die USA geflogen. Unser kleiner Torpede war also der einzige „Frachtpassagier“ an Bord dieses riesigen Flugzeugs.



Abb. 4: ABYSS in seiner Transportkiste beim Verladen vor dem Abflug in die USA. Foto: Sylvain Pascaud

Während der Expedition selbst konnten diese drei autonomen Unterwasserfahrzeuge insgesamt eine Fläche von knapp 2700 km² absuchen. Dies entspricht in etwa einer Fläche von 36 km² pro Fahrzeug und Tag. Das Absuchen einer solchen Fläche wäre so nie mit Hilfe eines ROV's möglich gewesen. Für die Suche selbst wurde nicht das Echolot eingesetzt, sondern ein anderes akustisches Verfahren, das sogenannte **Seitensichtsonar**. Hierbei handelt es sich um längliche Schallquellen (siehe Foto), die seitlich am AUV angebracht sind und den Schall nach unten auf den Meeresboden abstrahlen. Dieses Seitensichtsonar hat eine höhere Reichweite als ein Fächerecholot und macht sich die Rückstreuungseigenschaften von verschiedenen Materialien zu Nutze. Weiche, lohse Sedimente reflektieren die Schallwellen anders als harte Gesteine oder auch metallische Gegenstände (wie z.B. Wrackteile) und diese Unterschiede können sicht-

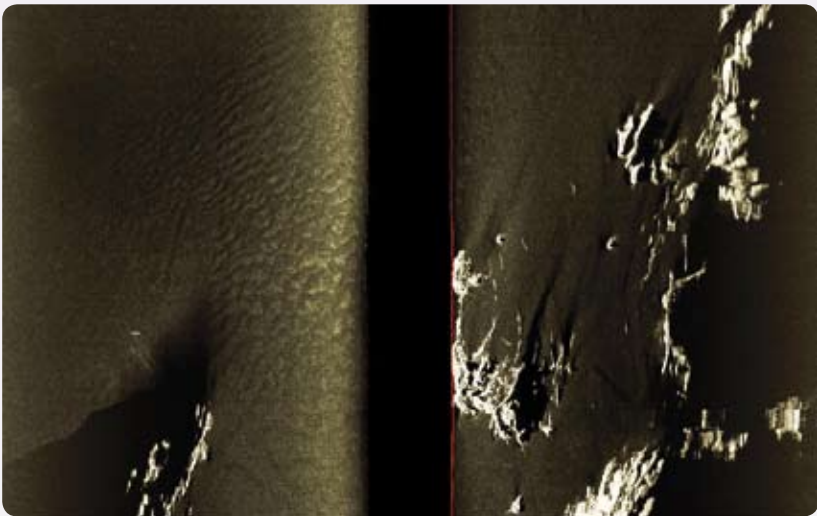


Abb. 5: Typisches Sonarbild des Meeresboden, wie es während der Suche aufgenommen wurde. Deutlich erkennt man einzelnen Rippelmarken in dem dunklen Sediment links sowie die helle Rückstreuung der harten Gesteine. Die Pixelgröße in diesem Bild nimmt vom Zentrum nach aussen zu. In der Bildmitte beträgt die Auflösung etwa 50 cm.

bar gemacht werden. Durch dieses Verfahren erhält man also kein Höhenmodell des Meeresbodens sondern ein zwei-dimensionales „Foto“ des Untergrundes, wobei die Instrumente in der Lage gewesen wären, alle Gegenstände, die mindestens die **Größe eines Stuhls** haben, in diesem rauen Gelände aufzufinden.

Leider wurden während unserer mehrwöchigen Suche keine Anhaltspunkte für Wrackteile in dem von uns abgesuchten Seegebiet gefunden und nicht nur die Angehörigen der Opfer warten immer noch auf Ergebnisse, die enthüllen was an Bord der Maschine passiert ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Wrack in dem von uns bereits abgesuchten Seegebiet zu finden ist, halten wir für sehr gering - dafür ist die Auflösung unserer Instrumente zu gut. Es ist daher davon auszugehen, dass die Unglücksmaschine ausserhalb des von unserem Tiefseeroboter abgesuchten Meeresbodenareals liegt. Da die genaue Absturzstelle nicht bekannt ist, müssen die Annahmen über die Absturzstelle noch einmal überdacht und die Suche ausgeweitet werden. Es hat sich aber trotzdem gezeigt, dass diese durch die Wissenschaft bereitgestellten autonomen Fahrzeuge ideal auch für solche Einsätze geeignet sind. Man muss sich dabei auch ruhig vor Augen führen, dass ein Großteil des heutigen Flugverkehrs über Wasser stattfindet (70 % der Erde sind von Wasser bedeckt, wovon der größte Teil mehr als 4000 m tief ist). Es ist gut zu wissen, dass jetzt die hochauflösende Technik existiert, um in den Tiefen der Ozeane auch in solchen Fällen auf Spurensuche gehen zu können.

Die technischen Daten des autonomen Unterwasserfahrzeuges (AUV) ABYSS:

Abmessungen: 3.98 m x 0.66 m

Gewicht: 880 kg

Operationstiefe: 6000 m

Operationsdauer: bis zu 24 Stunden / 120 km

Geschwindigkeit: 2 bis 4,2 Knoten

Energieversorgung AUV: 11,8 kWh Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Navigationseinheit: (GPS, INS, DVL, USBL, LBL)

Notfallsystem

Kommunikationssystem: (Iridium, Wifi, Unterwassermodem)

Folgende Sensoren sind einsetzbar:

- ▶ eine Temperatur- und Drucksonde (CTD)
- ▶ ein Partikelsensor
- ▶ ein hochauflösendes Echolot
- ▶ ein Seitensichtsonar
- ▶ ein Sonar, das Tiefenprofile des Sediments erstellt
- ▶ eine Fotokamera zur Kartierung und Dokumentation des Meeresbodens

Auch wenn unser AUV erst seit kurzem bei uns im Institut ist, hat sich seine Einsatzfähigkeit, auch aufgrund unserer Suche nach den Wrackteilen des Air France Fluges AF447 herumgesprochen. Nach einem Einsatz südlich der Azoren in diesem Sommer befindet sich das AUV-Team mit dem AUV ABYSS derzeit auf einem Indischen Forschungsschiff, um mittels seiner Sensorik im Indischen Ozean nach heißen Quellen zu suchen. Und auch für das nächste Jahr sind bereits drei Einsätze fest eingeplant.



Abb. 6: Dr. Petersen (Vordergrund) beim Aussetzen des AUV ABYSS. Angetrieben wird das AUV durch den Propeller links. Die orangenen Flossen dienen zur Steuerung des Gerätes. Unter dem Schriftbild ABYSS sind die schwarzen Schallköpfe des Seitensichtsonars zu erkennen, mit dem die Suche nach den Wrackteilen durchgeführt wurde.

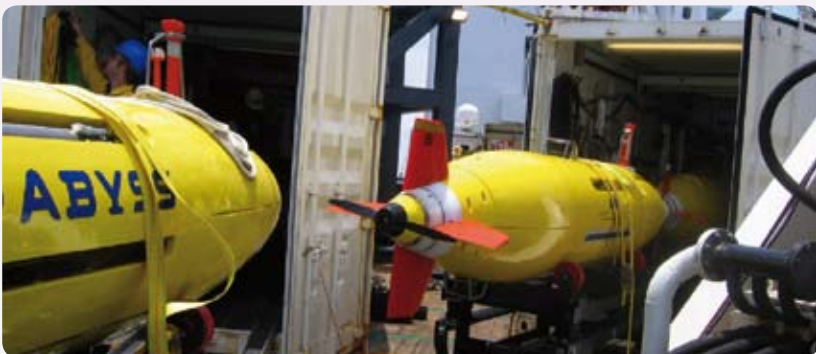


Abb. 7: Alle 3 AUV's an Deck. Zum Glück ein sehr seltener Anblick.

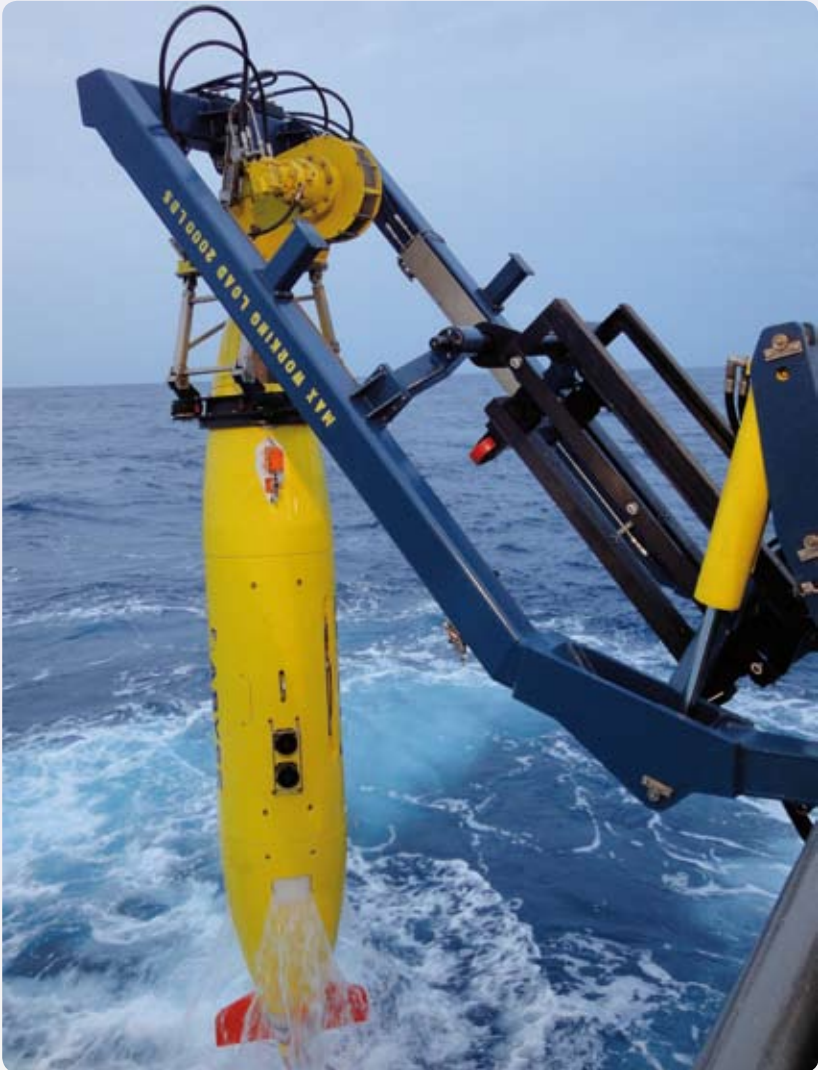


Abb. 8: Rückkehr des AUV ABYSS nach einem erfolgreichen Einsatz.



Abb. 9: Marcel Rothenbek bei Wartungsarbeiten am Gerät. Die Elektronik im AUV ist durch dicke Titanflaschen vor dem Umgebungsdruck geschützt. Im Zentrum des Bildes sieht man eine dieser Flaschen, die aus dem „Bauch“ des AUV entnommen wurde, im geöffneten Zustand.

Wie wird man Geowissenschaftler oder Geowissenschaftlerin und welche Voraussetzungen gibt es?

Entscheidend ist, dass man viel Interesse an der Erde und ihrer Geschichte hat. Man sollte sich auch für die komplexen Zusammenhänge interessieren, die die Erde heute gestalten und in der erdgeschichtlichen Vergangenheit gestaltet haben. Von Vorteil ist ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen und Begeisterung für die Feldarbeit, d.h. man sollte gerne draußen sein. Als Meeresforscher muss man seefest sein, da viele

Proben vom Schiff aus genommen werden. Die meisten Geowissenschaftler/innen arbeiten aber an Land. In den weiterführenden Schulen ist Interesse an den Fächern der Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie, Mathematik) und Erdkunde eine gute Grundlage für ein Studium der Geowissenschaften. Wichtig für die spätere Berufsausübung ist, dass man gut Englisch sprechen kann oder seine Fähigkeiten im Laufe der Ausbildung verbessert, denn Englisch ist die Sprache, mit der sich Forscher aus aller Welt unterhalten und ihr Wissen miteinander teilen.

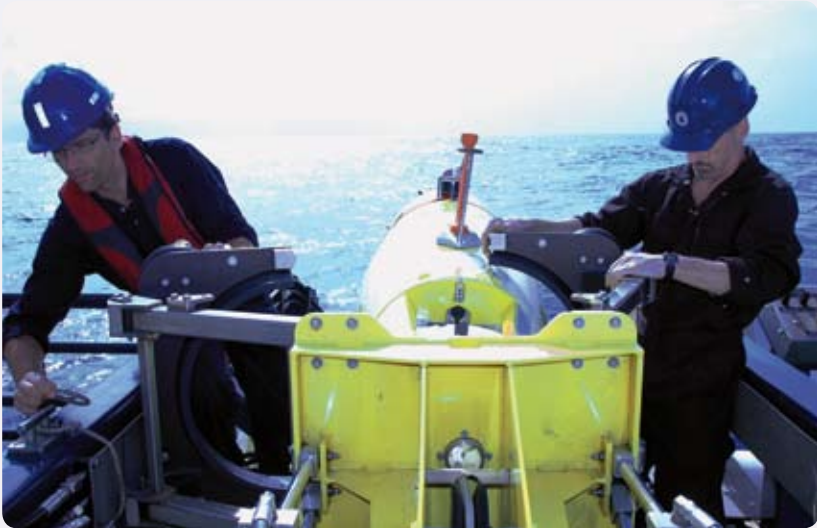
Berufsberatung Geowissenschaftler/Geowissenschaftlerin

Geowissenschaften kann man beispielsweise an der Universität Kiel studieren, die Kieler Uni hat in diesen Fächern einen sehr guten Ruf. Zulassungsvoraussetzung um an die Universität zu gehen, ist das Abitur (allgemeine Hochschulreife) oder die fachgebundene Hochschulreife. Der Studiengang der Geowissenschaften für den ersten Abschluss (= Bachelor) besteht aus vier Teilen: den mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen (Mathematik, Physik, Chemie und wahlweise weitere Fächer), den geowissenschaftlichen Grundlagen, zwei geowissenschaftlichen Wahlfächern und einer sechswöchigen schriftlichen Examensarbeit.

Mögliche Wahlfächer in Kiel sind:

- ▶ Hydrogeologie und Ingenieurgeologie
- ▶ Aquatische Geologie und Modellierung
- ▶ Klima und Fossilien
- ▶ Marine Umwelt
- ▶ Geophysik
- ▶ Petrologie und Geochemie
- ▶ Geomaterialien

Das Studium dauert mit einem weiteren Abschluss (dem Master) etwa fünf Jahre. Wenn man eine Doktorarbeit machen möchte, braucht man noch mal drei Jahre, arbeitet dabei aber bereits an einem Institut und verdient auch schon Geld. Während einer Doktorarbeit muss man etwas Neues herausfinden und in Fachzeitschriften veröffentlichen.

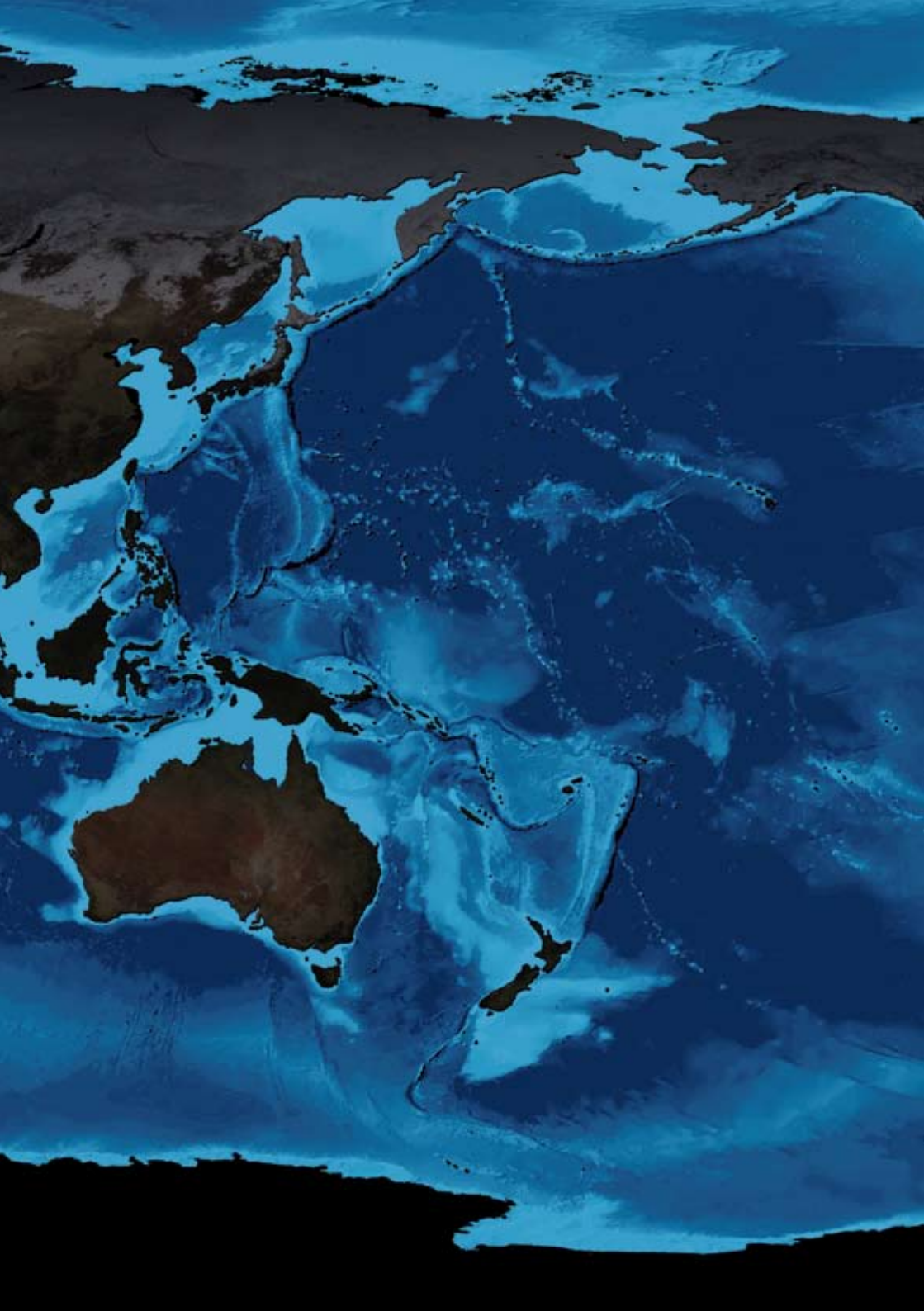


*Abb. 10: Sven Petersen und Mike Purcell (from Woods Hole Oceanographic Institution, USA) beim Vorbereiten des AUV für das Aussetzen.
Foto: Paul-Henry Nargeolet.*

| Dr. Sven Petersen

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften
(IFM-GEOMAR)

spetersen@ifm-geomar.de





ozean der zukunft
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

DER KIELER EXZELLENZCLUSTER OZEAN DER ZUKUNFT

Der Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ ist ein in Deutschland einmaliger Forschungsverbund von mehr als 240 Wissenschaftlern aus sechs Fakultäten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule.

Ziel des interdisziplinären Verbundes aus Meeres-, Geo- und Wirtschaftswissenschaftlern sowie Medizinern, Mathematikern, Juristen und Gesellschaftswissenschaftlern ist es, den Ozean- und Klimawandel gemeinsam zu erforschen, die Risiken und Chancen neu zu bewerten und ein weltweit nachhaltiges Management der Ozeane und mariner Ressourcen zu ermöglichen. Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von der deutschen Forschungsgemeinschaft im Auftrag von Bund und Ländern gefördert.

Weitere Informationen unter: www.ozean-der-zukunft.de

Wir danken der Förde Sparkasse und ihrer Stiftung
„200 Jahre Sparkasse Kiel“ für die freundliche Unterstützung:

