

T Dr. Florian Huber F Dr. Florian Huber & Dr. Karen Osborn

EXPEDITION INS UNBEKANNTE TIEFSEEFORSCHUNG VOR MADEIRA

Seit jeher fasziniert die Menschen das Unbekannte. Das gilt auch oder gerade für das, was sich in den **TIEFEN UNSERER OZEANE** verbirgt. Die Welt unterhalb des Meeresspiegels ist eine geheimnisvolle: Immer noch wissen wir mehr über den Mond als über das tiefe Blau unserer Erde.

Mehr als 7000 Menschen standen schon auf dem höchsten Punkt der Erde, dem Mount Everest. Zwölf Menschen haben wir auf den Mond geschickt. Aber erst vier waren an der tiefsten Stelle des Meeres – im rund 11.000 Meter tiefen Mariannengraben.

Die Tiefsee ist der größte zusammenhängende Lebensraum der Erde. Sie ist von ewiger Finsternis, lähmender Kälte, ungeheurem Druck und ständiger Nahrungsknappheit geprägt. All dem zum Trotz leben dort unten unzählige faszinierende und hochspezialisierte Tiere. Stand heute kennen wir ungefähr 250.000 Tiefsee-Arten – Bakterien und Mikroorganismen nicht mitgerechnet. Trotzdem machen diese bekannten Arten aber nur 20 Prozent des Gesamtbestandes aus. Und während uns Weltraumsonden immer wieder mit neuen, detaillierten Bildern und Informationen von der Marsoberfläche versorgen, liegt der größte Teil der Erde weiterhin buchstäblich im Dunkeln. Nur durch den Einsatz komplexer und extrem robuster Tiefseeforschungsgeräte, die Geräten für die Erkundung des Weltalls in nichts nachstehen, ist es überhaupt möglich, diesen für uns so lebensfeindlichen Raum zu erreichen und zu untersuchen. Dabei haben Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in den vergangenen Jahren erstaunliche Entdeckungen gemacht. >

Mit speziellen Probegefäßen sammeln die Forschungstaucher vorsichtig Tiefseeorganismen, die anschließend an Bord vermessen, fotografiert und für spätere Laboranalysen beprobt werden.

Im Februar 2024 war die Küste Madeiras Ziel der internationalen Forschungs Expedition MSM126 »Jellyweb Madeira«, die vom GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel organisiert wurde. 22 Meereswissenschaftler aus fünf Ländern waren rund drei Wochen auf dem deutschen Forschungsschiff Maria S. Merian unterwegs, um mehr über die pelagische Tiefsee der Atlantikinsel herauszufinden. Als pelagial wird die freie Wassersäule sowohl in Küstennähe über dem Kontinentalschelf als auch auf dem offenen Ozean bezeichnet. Dieser Bereich des Meeres gehört nach wie vor zu den am wenigsten erforschten Ökosystemen der Erde.

Hauptziel der Expedition war eine umfangreiche Dokumentation der biologischen Vielfalt. Dabei wollten die Forscher und Forscherinnen vor allem herausfinden, welche Rolle das gelatinöse Zooplankton (also zum Beispiel Quallen und Salpen, auch »Jellyweb« genannt) spielt, und wie es um die Artenvielfalt bestellt ist. Also wer frisst hier eigentlich wen, wo, wann und warum? Spielen Wassertemperatur, Licht, Salzgehalt und Nährstoffangebot eine Rolle? Sind Beuteart und -qualität gleich wichtig? Bislang ist unser Wissen darüber noch ziemlich begrenzt, denn Quallen zu untersuchen, ist schwierig. Sie sind sehr fragil und lassen sich nur schwer unversehrt mit Netzen oder anderen Geräten in der Tiefe fangen, weshalb ihre Bedeutung für die Nahrungsnetze bislang vermutlich unterschätzt wurde.

Gelatinöse Organismen im Fokus

Dabei ist die Gruppe dieser glibberigen Lebewesen extrem vielfältig und spannend. Einige von ihnen können eine Länge von mehreren Metern erreichen. Manche sind Räuber, die Krebstiere, Fische oder andere gelatinöse Organismen fressen. Andere ernähren sich von Detritus, abgestorbenem und verrottendem Material, das in der Wassersäule reichlich vorhanden ist. Das Nahrungsnetz der gelatinösen Organismen spielt daher wahrscheinlich eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung von organischem Material, denn Quallen können in großer Zahl auftreten. Und stirbt so eine »Qualleblüte«, sinkt möglicherweise auch eine sehr große Menge Biomasse in die Tiefe. »Wieviel davon am Meeresgrund ankommt, und wer sich davon ernährt, wissen wir für viele Regionen – darunter auch Madeira – noch nicht. Das »Jellyweb« könnte eine Schlüsselrolle in den ozeanischen Nahrungsnetzen spielen und auch erheblich am Export von Kohlenstoff in die Tiefsee beteiligt sein«, sagt der Fahrtleiter der Expedition, Dr. Jan Dierking vom GEOMAR.

Um die freie Wassersäule bis in 3000 Meter Tiefe erforschen zu können, haben die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen eine breite Palette bewährter, aber auch neuartiger In-situ-Beobachtungssysteme für die Kartierung ➤



Die 95 Meter lange und knapp 20 Meter breite Maria S. Merian vor der Küste Madeiras. Um das Schiff präzise manövrieren zu können, wurde es mit einem speziellen Antriebssystem ausgerüstet. Unter dem Rumpf befinden sich zwei um 360 Grad drehbare Propeller. Damit kann das Schiff eine vorgegebene Position auf See genau halten. Das ist wichtig, wenn vom Arbeitsdeck zum Beispiel ferngesteuerte Tauchgeräte eingesetzt werden. Benannt wurde es nach der deutschen Naturforscherin Maria Sibylla Merian.



Die Kieler Forschungstaucher von Submaris haben die Expedition begleitet (von links): Uli Kunz, Fahrtleiter Dr. Jan Dierking vom GEOMAR, Philipp Schubert und Dr. Florian Huber.



Techniker bereiten das Foto- und Videosystem XOFOS (Ocean Floor Observing System) für den nächsten Tauchgang vor. Das System, von der Maria S. Merian gezogen, schwebt mit einem Abstand von ein bis zwei Metern über dem Meeresboden. So können Verteilung und Häufigkeit von Tieren erfasst werden, die auf dem Meeresgrund leben.



Nach einem langen Arbeitstag kommt der ROV PHOCA wieder an die Wasseroberfläche. Doch für die Mitglieder des ROV-Teams ist noch lange nicht Feierabend. Sie müssen das Gerät reinigen, warten und für den nächsten Tag vorbereiten.

des Meeresbodens eingesetzt. Darunter der Tiefseeroboter ROV PHOCA mit »Slurp Gun« (eine Art Staubsauger, um die empfindlichen gallertartigen Organismen schonend einzusammeln) sowie das Foto- und Videosystem XOFOS (Ocean Floor Observing System). Außerdem kamen diverse Planktonnetze für den Fang von Organismen, Wasserschöpfer zur Beprobung von Wasser aus verschiedenen Tiefen sowie CTD-Sonden für die Messung chemischer und physikalischer Parameter zum Einsatz.

Vertikalwanderungen auf der Spur

Darüber hinaus waren die Kieler Forschungstaucher der Firma Submaris nach Sonnenuntergang unterwegs, um über der Tiefsee mit Hilfe leuchtstarker Lampen Tiere anzulocken, um sie in speziellen Behältern vorsichtig einzusammeln zu können. Viele Tiefseeorganismen kommen nachts aus bis zu 1000 Metern Tiefe zum Fressen an die Wasseroberfläche, da sie von der hohen Produktivität der oberen Schichten profitieren. Dieses Phänomen ist als »Vertikalwanderung« bekannt. Dabei handelt es sich um die größte regelmäßige Migration von Lebewesen auf unserem Planeten. Fachleute schätzen die dabei bewegte tierische Biomasse täglich auf etwa eine Milliarde Tonnen. Diese koordinierten Wanderzüge transportieren enorme Mengen Kohlenstoff in die Tiefsee und beeinflussen so maßgeblich das Klima auf der Erde.

Die ersten Beobachtungen dieser Vertikalwanderungen stammen übrigens aus dem Zweiten Weltkrieg. Marinesoldaten, die mit Sonargeräten nach feindlichen U-Booten suchten, entdeckten dabei, dass Teile des Meeresbodens in langsamem Rhythmus ihre Tiefe zu verändern schienen. Ein zunächst unerklärliches Phänomen, das erst später durch Ozeanografen und Biologen genauer untersucht werden konnte.

Erfolgreiche Mission

Die dreiwöchige Expedition der Maria S. Merian war ein voller Erfolg. So wurde bereits bei der vorläufigen visuellen Bestimmung von Arten an Bord klar, dass mindestens 50 Arten insbesondere von gelatinösem Plankton erstmals für Madeira nachgewiesen wurden. Eine Zahl, die sich bei nun anlaufenden Bestimmungen und der Charakterisierung mit genetischen Methoden im Labor an Land vermutlich noch deutlich erhöhen wird. Zudem wurden große Bereiche der Lebensräume auf der Südseite von Madeira zum ersten Mal im Detail kartiert, Wasserparameter aufgezeichnet, und tausende von Proben für geplante Nahrungsnetzanalysen im Labor genommen. Die Auswertung des während der Expedition gewonnenen Daten- und Proben-schatzes wird nun von wissenschaftlichen Teams in verschiedenen Ländern vorangetrieben. Die dabei neu >



Die Kranzqualle (*Atolla vanhoffeni*) fühlt sich im Mesopelagial am wohlsten. Das Mesopelagial erstreckt sich von 200 bis 1000 Meter Tiefe und liegt damit als Dämmerlichtzone des Meeres zwischen der hellen und den dunklen Tiefenzonen, woher auch sein Name rührt.



Ruderfußkrebse (*Copepoda*) besiedeln sämtliche Gewässertypen der Erde, von den Ozeanen bis zum Kleinstgewässer. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt mit rund 80 Prozent im Meer, wo sie bis in eine Tiefe von 5000 Metern nachgewiesen wurden. Da sie oft in dichten Schwärmen (etwa 10.000 Individuen pro Kubikmeter) auftreten, spielen sie eine wichtige Rolle in der Nahrungskette. Sie leben als Filtrierer, Räuber oder Parasiten. Es sind etwa 13.000 Arten von Ruderfußkrebsen bekannt.



Ein etwa drei Zentimeter großer, rotmäuliger Walkopffisch (*Rondeletia loricata*): Normalerweise kommen diese Fische bis zu einer Tiefe von rund 3000 Metern in den Gewässern der tropischen und gemäßigten Ozeane auf der ganzen Welt vor. Nachts wandern sie in flachere Gewässer (etwa 100 Meter Tiefe), um sich von Krebstieren und anderen kleinen Tieren zu ernähren.



Forschungstaucher bei der Arbeit: An einer Shotline sind mehrere starke Lampen befestigt. Das Licht lockt die Tiere an. Unter den Tautchern geht es 1000 Meter in die Tiefe. Sichere Tarierfähigkeit steht hier an oberster Stelle.



Dr. Karen Osborn vom Smithsonian National Museum of Natural History, Washington, D.C., fotografiert alle gesammelten Organismen und erfasst sie in einer Datenbank.



Höchste Konzentration im ROV-Kommandoraum: Zwei Piloten sitzen vor den Monitoren und steuern den Tauchroboter, während Meeresbiologe Dr. Henk-Jan Hoving Tiefseelebewesen in Echtzeit beobachten und Anweisungen geben kann. Mit der Slurp Gun – eine Art Staubsauger – werden dann empfindliche, gallertartige Organismen schonend eingesammelt. Ein komplexes Unterfangen, da die Piloten dazu auf einen zweidimensionalen Bildschirm schauen müssen, um in einem dreidimensionalen Raum viele Hundert Meter unter ihnen kleinste Lebewesen einzusaugen.



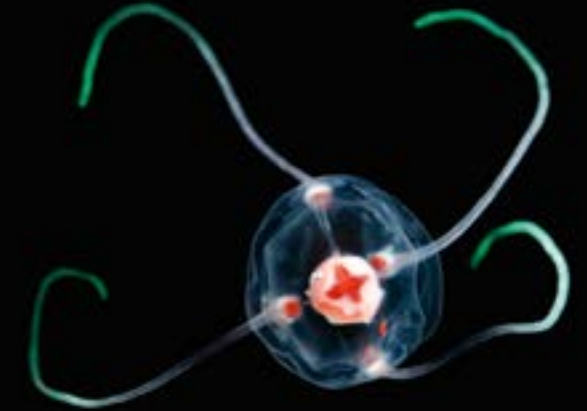
Die CTD-Sonde wird ins Wasser gelassen. Ein CTD ist ein ozeanografisches Messgerät zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (conductivity) und der Temperatur (temperature) in Abhängigkeit von der Wassertiefe (depth). Aus der Leitfähigkeit wird unter Berücksichtigung von Temperatur und Druck der Salzgehalt ausgerechnet. Kombiniert mit 24 Niskin-Flaschen können Wasserproben und die darin befindlichen Organismen aus verschiedenen Tiefen genommen werden. Mit den Daten und Proben lässt sich dann das Profil einer Wassersäule erstellen. Zusätzlich werden die Wasserproben auf DNA untersucht. Meerestiere verlieren beim Schwimmen, Atmen, Fressen und Kotabsatz ständig Zellen und DNA, was zur Freisetzung von genetischem Material führt. Diese Umwelt-DNA wird gesammelt, aufbereitet und identifiziert.



Sobald die Probenbehälter an Bord sind, werden sie von den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen neugierig begutachtet. Da viele Lebewesen extrem klein und durchsichtig sind, ist es gar nicht so einfach, sie im klaren Wasser auszumachen. Eine kleine Lampe hilft, sie zu finden.



Flügelschnecken leben ausschließlich pelagisch im offenen Meer. Sie ernähren sich bevorzugt von anderen Schneckenarten. Da sie schwerer als Wasser sind, müssen sie tagsüber permanent schwimmen, um nicht langsam in die Tiefe zu sinken. Abends scheiden die Tiere dann Schleimfäden aus, die sie in der Wassersäule schwebend halten.



Tiefseequallen wie diese *Anthomedusa spec.* sind wunderschön und oft auch extrem farbenprächtig. Fossilienfunde belegen, dass Quallen schon seit dem Kambrium, also seit rund 500 Millionen Jahren, in unseren Ozeanen vorkommen.



gewonnen Erkenntnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Verständnisses der ozeanischen Systeme rund um Madeira und der Rolle des »Jellyweb«. Im Idealfall trägt dieses Wissen langfristig zum Schutz der marinen Artenvielfalt und der Lebensräume um Madeira bei.

Forschung dient dem Schutz der Tiefsee

Die Tiefsee gilt weltweit als bedrohter Lebensraum. Sie dient den Menschen als Quelle für Nahrung, Rohstoffe und Medizin. Neu daran ist, dass die Gewinnung von Rohstoffen wirtschaftlich immer interessanter zu werden scheint. Im Fokus ist derzeit der Abbau von Manganknollen, Massivsulfiden und Methanhydrat. Diverse Regierungen und Unternehmen haben bereits Lizenzen erhalten, um den Tiefseebergbau in ökologisch sensiblen Gewässern zu erforschen. Zudem haben große Fangflotten bereits viele Fischarten aus den oberen Wasserschichten weggefischt. Deshalb machen sie jetzt in der Tiefsee weiter. Mit riesigen Grundschleppnetzen, die teilweise so groß wie Fußballfelder sind, durchpflügen sie den Meeresboden. Dabei zerstören sie auch Kaltwasser-Korallenriffe. Diese Riffe sind in über Tausenden von Jahren gewachsen. Auch viele Tiefseefische wachsen sehr langsam, werden sehr spät geschlechtsreif und haben wenig Nachwuchs. Auch ihre Bestände sind also schnell weggefischt, und sie erholen sich nur sehr langsam. Politik und Gesellschaft müssen jetzt dafür sorgen, dass unsere Ozeane und somit auch die Tiefsee nachhaltig genutzt und geschützt werden. Fundierte Forschungsergebnisse bieten dabei die erste Grundlage für künftige Entscheidungen. <<

Der Fangzahnfisch (*Anoplogaster cornuta*) hat im Verhältnis zu seiner Körperlänge von maximal 15 Zentimetern die längsten Zähne aller bisher bekannten Meerestische. Bei erwachsenen Exemplaren sind die größten zwei Reißzähne des Unterkiefers so lang, dass sie auf beiden Seiten des Gehirns ein Paar Hohltaschen entwickelt haben, um die Zähne unterzubringen, wenn das Maul geschlossen ist. Fangzahnfische leben pelagisch zwischen 200 und 5000 Metern Tiefe und wandern nachts in höhere Wasserschichten.