



Impressum

Herausgeber:

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) Konstantinstr. 110

53179 Bonn

Telefon: +49 228 8491-0 E-Mail: info@bfn.de Internet: www.bfn.de

USt-IdNr.: DE 122268582

Diese Veröffentlichung ist im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz im Rahmen des Projekts Entwicklung und Umsetzung von Kommunikationsmaßnahmen für den deutschen Meeresnaturschutz entsprechend den aktuellen Erfordernissen des BfN, Abteilung II 3 Meeresnaturschutz (Phase 2) - AWZ Projekt 8 (Los 2) entstanden (FKZ: 3519 53 2214).

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Katrin Prinz, Anna Krumpel, beide FG II 3.3 "Menschliche Einflüsse, ökologische Fragen bei marinen Vorhaben"

Textliche Umsetzung und Redaktion:

Dr. Valérie Schmitt, Report Wissen

Gestaltung:

CD Werbeagentur GmbH, Burgstr. 17, 53842 Troisdorf

Besonderer Dank gilt:

Für wissenschaftliche Beratung: Prof. Dr. Gerhard Bohrmann, Dr. Matthias Haeckel Für Zusatzinformationen: Prof. Dr. Gert Wörheide

Für Mitarheit: Tim Lüdtke

Druck:

dieUmweltDruckerei GmbH, Lavesstr. 3, 30159 Hannover Gedruckt auf Recyclingpapier, Umweltzeichen Euroblume.

Bildnachweis:

Titelbild: NOAA/Bruce Strickrott, Expedition to the Deep Slope Weitere Bildnachweise siehe Liste der Bildnachweise am Ende des Dokuments.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank "DNL-online" (www.dnl-online.de).

DOI: 10.19217/brs212

Bonn, Juli 2022

Inhalt

D	ie Tiefsee schützen – biologische Vielfalt erhalten	4
L	ebensraum Tiefsee	5
	Die Tiefsee – ein riesiger, noch kaum erforschter Lebensraum	5
	Faszinierende Beispiele für Biodiversität in der Tiefsee	6
	Leben in der Tiefsee	8
	Die Tiefsee im Nährstoffkreislauf und globalen Ökosystem Meer	11
	Anpassung an extreme Lebensbedingungen	. 12
	Spezielle Ökosysteme an Manganknollen	. 12
	Spezielle Ökosysteme an Unterwasserbergen	. 15
	Spezielle Ökosysteme an Tiefseequellen	. 16
В	Bedrohung des Lebensraums Tiefsee	
	Tiefseebergbau und ökologische Auswirkungen	. 19
	Weitere Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem	. 22
	Bleibende Spuren und schwere Regeneration	. 23
	Bedrohung der Lebensgrundlage und Verlust von Ökosystemen	. 24
	Risiken hinzukommender Belastungen der Tiefsee	. 25
So	Schutz für die Tiefsee	
	Tiefseemeeresboden ist gemeinsames Erbe der Menschheit	. 28
	Meere müssen geschützt werden	. 29
	Risiken des Tiefseebergbaus zu hoch	.30
Fa	azit – Tiefsee mitsamt Biodiversität und Funktionen schützen	31
В	sildnachweise	
	thomotory	22

Titelbild

Ein Oktopus untersucht neugierig den Greifarm eines Tauchboots während einer Tiefsee-Expedition im Golf von Mexiko (Expedition to the Deep Slope).

Meeresnaturschutzperspektive zum Tiefseebergbau

DIE TIEFSEE SCHÜTZEN – BIOLOGISCHE VIELFALT ERHALTEN

- In der Tiefsee existiert eine erstaunlich hohe biologische Vielfalt mit einzigartigen, faszinierenden und ökologisch wichtigen Lebewesen.
- Tiefseebergbau, um Rohstoffe in der Tiefsee abzubauen, bedroht die dort heimischen Lebewesen und die biologische Vielfalt sowie die Ökosysteme und ihre Funktionen.
- Um schwerwiegende Folgen zu verhindern und die biologische Vielfalt der Tiefsee mitsamt der wertvollen Ökosystemfunktionen zu erhalten, muss die Tiefsee geschützt werden.

In der Tiefsee leben vielfältige und einzigartige Lebewesen, die an die extremen Lebensbedingungen, wie Dunkelheit, Kälte, hoher Druck und Nahrungsknappheit, oft hochspezialisiert angepasst sind und sehr sensibel auf Störungen reagieren können. Der Abbau von Rohstoffen, die am Meeresboden der Tiefsee liegen, birgt gravierende Gefahren für die Natur. Wissenschaftliche Studien beschreiben direkte negative Auswirkungen falls Tiefseebergbau stattfinden würde. Die Rohstoffe sind über geologische Zeiträume von bis zu Millionen Jahren entstanden. Sie sind Grundlagen für viele Lebewesen. Mit ihrem Abbau würden unter anderem lange gewachsene Ökosystemstrukturen zerstört. Derartige Auswirkungen sind entsprechend langfristig bis unumkehrbar. Forschende warnen auch vor weiteren Auswirkungen auf die Meeresumwelt und die Lebewesen sowie vor dem Verlust an Biodiversität. Die gesamten Ausmaße weitreichender Folgen in der größtenteils noch kaum erforschten Tiefsee sind bislang nur unzureichend kalkulierbar. Nur ein Teil der Lebewesen, die sie als Erste spüren würden, ist überhaupt schon bekannt. Bekannt ist allerdings schon, dass in der Tiefsee eine viel höhere biologische Vielfalt existiert als erwartet und Regeneration nach Eingriffen hier teils nur langsam erfolgt, soweit diese überhaupt möglich ist. Tiefseebergbau riskiert, schwere und langfristige bis irreversible Schädigungen der Lebewesen, der Biodiversität und der Ökosysteme zu verursachen. Daher gilt es, die Tiefsee mitsamt ihren Funktionen zu schützen.



Ein Garnelenschwarm in 600 Metern Wassertiefe im Golf von Cádiz. Krebstiere gibt es bis in die Tiefen der Meere, zum Beispiel Antarktischer Krill bis tiefer als 3.000 Meter und Flohkrebse sogar tiefer als 10.000 Meter.



Auch "Blumentiere"
(Anthozoa) leben in
Meerestiefen: Anemonen
am sogenannten "Ice Age"
Hydrothermalfeld, das
2020 bei einer TiefseeExpedition im nördlichen
Atlantik entdeckt wurde.

LEBENSRAUM TIEFSEE

DIE TIEFSEE – EIN RIESIGER, NOCH KAUM ERFORSCHTER LEBENSRAUM

Unser Planet ist zu etwa 70 Prozent von Meeren bedeckt. Von dieser riesigen Wasserfläche gehören weniger als 10 Prozent den flacheren Meeresgebieten an. Unter dem Großteil von über 90 Prozent erstreckt sich die Tiefsee, die ab 200 Metern Wassertiefe und tiefer so bezeichnet wird. Die Tiefsee dehnt sich über großflächige Ebenen in circa 3.000 bis 5.000 Metern Wassertiefe bis in noch tiefere Gräben (geologisch: Rinnen) aus – der tiefste ist der Marianengraben mit bis zu etwa 11.000 Metern Tiefe. Die riesigen Tiefseebecken fassen mehr als 90 Prozent des weltweiten Ozeanvolumens. Ihr Meeresboden ist kartografisch teilweise erst in sehr grober Auflösung erfasst. Die Umwelt in diesen Wassertiefen ist nur mit großem Aufwand zu erkunden. In der Tiefsee herrschen extreme Bedingungen: Mit zunehmender Wassertiefe schwindet das Sonnenlicht bis zu völliger Dunkelheit und der Druck erhöht sich um ein Vielfaches bis zum Tausendfachen an den tiefsten Stellen. Die Wassertemperaturen liegen größtenteils unter 5 Grad Celsius, teils sogar unter 0 Grad Celsius – aufgrund des Salzgehalts verschieben sich der Gefrierpunkt und die größte Dichte zu kälteren Temperaturen. Das dichte kalte Meerwasser sinkt in die Tiefe, wo sich noch zusätzlich der hohe Druck darauf auswirkt. Mit Sonaren, Tauchbooten, Kameras, ferngesteuerten Unterwasservehikeln und weiteren Geräten erkunden Forschende die riesige tiefe Unterwasserwelt. Doch schon aufgrund der technischen Herausforderungen und des entsprechenden Aufwands ist erst ein Bruchteil der Tiefsee erforscht.

FASZINIERENDE BEISPIELE FÜR BIODIVERSITÄT IN DER TIEFSEE

Ruderfußkrebs (Calanus glacialis)

Dieser in Wirklichkeit mikroskopisch kleine Ruderfußkrebs ist Teil des tierischen Planktons (Zooplanktons), das eine wichtige Nahrungsgrundlage für viele Tiere ist.



Rippenquallen schwimmen mit ihren in Reihen ("Rippen") verlaufenden Wimpernplättchen, die im Licht reflektieren.



Leuchtkalmar (Watasenia scintillans)

Als ein Beispiel von in der Tiefsee weit verbreiteter Biolumineszenz, d. h. von Lebewesen erzeuatem Licht, leuchtet dieser Kalmar mit zahlreichen Leuchtorganen (Photophoren) in faszinierenden Mustern.

Tiefseequalle

Von dieser bei einer Marianengraben-Expedition in etwa 3.700 Metern Tiefe gesichteten Qualle wird angenommen, dass sie der Gattung Crossota angehört und sich von Beute ernährt, die sich in ihren Tentakeln verfängt.

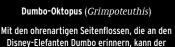


Staatsquallen bilden lange Kolonien von unzähligen Klonen, die wie Organe unterschiedliche Funktionen erfüllen und sich so wie zu einem riesigen Gesamtorganismus zusammenfügen können.



Schwimmende Schnecke (Clione)

Diese schwimmende Schnecke ist so wie die Ruderfußkrebse auch ein Teil des Zooplanktons.







Tiefsee-Seegurke (Enypniastes eximia)

Diese schwimmende Tiefsee-Seegurke ist in der Tiefsee weit verbreitet.



Erdbeerkalmar (Histioteuthis heteropsis)

Erdbeerkalmare halten mit zwei unterschiedlich angepassten Augen Ausschau: das eine aufwärts nach Silhouetten gegen Restlicht, das andere abwärts nach Biolumineszenz in der Dunkelheit.





Fangzahnfisch (Anoplogaster cornuta)

Im Verhältnis zu seinem Körper hat der Fangzahnfisch extrem lange Zähne - wie vermutet wird, um damit verschiedene Beutetiere möglichst gut direkt zu schnappen, da diese in der Tiefsee rar sein können.

LEBEN IN DER TIEFSEE

Die Meere sind zusammengenommen der größte Lebensraum unseres Planeten. Davon ist der Großteil Tiefsee mit wiederum verschiedenen Tiefseeökosystemen. Die Vielfalt an Lebensformen in der Tiefsee ist enorm und bislang nur wenig erforscht. Laufend finden Forschende hier neue Arten. Schätzungen zufolge gibt es in der Tiefsee noch weit mehr als eine Million neuer Arten zu entdecken. Schon innerhalb des bislang erforschten Bruchteils der Tiefsee wurden eine erstaunlich hohe Vielfalt an Lebewesen und vollkommen unterschiedliche Ökosysteme entdeckt. Sie sind an die hier herrschenden Lebensbedingungen, wie extrem hoher Druck, größtenteils Kälte, Dunkelheit und damit Fehlen von Fotosynthese sowie Nahrungsknappheit angepasst und entsprechend hochspezialisiert. In den dunklen Wassermassen schwimmen Myriaden von verschiedensten, teils selbstleuchtenden (biolumineszierenden) Lebewesen – von mikroskopisch kleinem Plankton über mittelgroße Krebstiere und Fische bis zu riesigen Kalmaren und Quallen. Als Phänomen des "Tiefseegigantismus" ist bekannt, dass einige Tiere hier riesenhafte Größen entwickeln können im Vergleich zu anderen Vertretern ihrer Gruppen; ein markantes Beispiel sind Riesenasseln.



Ein Beispiel für Tiefseegigantismus: Diese Riesenassel wurde auf der SONNE-Expedition S0174 im Golf von Mexiko im Jahre 2003 in 953 Metern Wassertiefe geborgen.



Als "lebende Fossilien" geltende Seelilien konnten in den Meerestiefen evolutionsgeschichtlich lange in etwa dieser Form überdauern. Bei dieser Seelilie handelt es sich um eine noch unbestimmte Art *Porphyrocrinus*, fotografiert am Osprey Reef im Korallenmeer vor Australien in einer Tiefe von 498 Metern während der DeepDownUnder-Expedition.

So wie einige Giganten ihrer Gruppen in der Tiefsee leben, konnten auch einige lebende Fossilien, die evolutionsgeschichtlich schon seit Langem existieren, in der Tiefsee überdauern, zum Beispiel Seelilien. Viele Lebensformen konnten in der Abgeschiedenheit der Meerestiefen lange Zeiträume überstehen, da sie hier geschützt von vielen Störungen waren. Daher ist die Tiefsee ein besonderes Refugium und Reservoir einzigartiger ursprünglicher Lebensformen – über geologische Zeiträume fand hier eine spezialisierte Anpassung der Lebewesen an die Umwelt statt, mit Ausbildung aufeinander abgestimmter Lebensgemeinschaften mit hoher Artenvielfalt. Auch einige der am längsten lebenden Lebewesen auf unserem Planeten kommen in der Tiefsee vor, zum Beispiel bestimmte langsam wachsende Tiefseekorallen, die über 1.000 Jahre alt werden können. Von einem riesigen Tiefseeschwamm wurde in einer Studie das Alter sogar auf etwa 11.000 Jahre geschätzt, und angenommen, dass er eines der ältesten Tiere auf der Erde sein könnte.

Cuvier-Schnabelwale halten den bislang dokumentierten Rekord für Tauchtiefe und Tauchlänge bei marinen Säugetieren mit Tauchtiefen von fast 3.000 Metern Wassertiefe und nahezu vier Stunden Tauchzeit.



DIE TIEFSEE IM ÖKOSYSTEM MEER

Biologische "Kohlenstoff-Pumpe": Transport Kohlenstoff von Atmosphäre und Oberfläche durch Organismen in die Tiefsee

Primärproduktion Plankton: Mittels Fotosynthese wird Kohlendioxid (CO₂) in organischen Kohlenstoff umgesetzt CO_{2} Vielfältige komplexe Biodiversität Nahrungsnetze im Meer Tägliche Aufwärtsund Abwärtswanderung vieler Tiere Aufwärtsströmung nährstoffreiches Wasser Wechselwirkungen zwischen Tiefsee und oberen Wasserschichten mit wichtigen Funktionen für das Ökosystem Meer und die Klimaregulation, z. B. Kohlenstoffkreislauf und Kühluna Kleines und großes organisches Material sinkt in die Tiefe Viele wichtige Ökosystemfunktionen, z. B. Nährstoffkreislauf, Abbau und Recycling Kohlenstoffspeicherung von organischem Material und -verarbeitung zu Nährstoffen

DIE TIEFSEE IM NÄHRSTOFFKREISLAUF UND GLOBALEN ÖKOSYSTEM MEER

Viele Meerestiere, wie zum Beispiel Cuvier-Schnabelwale, Pottwale und Kalmare, durchqueren große Tiefenbereiche auf ihrer Jagd. Insgesamt ist das Leben in den flacheren Wasserschichten mit dem in den tieferen verbunden. Einige Tiere steigen nachts aus der Tiefsee in Richtung Wasseroberfläche auf, um in höheren und produktiveren Wasserschichten im Schutz der Dunkelheit Nahrung zu finden. Diese nächtliche Wanderung vieler Tiefseebewohner in Richtung Wasseroberfläche und wieder zurück gehört zu den größten Tierwanderungen auf der Erde. Sie ist Teil großer Nährstoffkreisläufe über weite Wassertiefen.

Auch auf zunächst scheinbar leeren Tiefsee-Ebenen mit Weichböden wurden bei näherer Betrachtung hochspezialisierte Lebewesen entdeckt: Zum Beispiel lauern Tiefsee-Fische und -Krebstiere auf Beute, und spezielle Arten von Seegurken, Schlangensternen, Seesternen, Seeigeln und anderen Tieren suchen die Weichböden nach Nahrung ab. Im Meeresboden leben Massen von Kleinstorganismen wie Würmer und Mikroben mit elementar wichtigen Funktionen für Stoffkreisläufe. Mehrere Meter lange Tiefseehaie patrouillieren über die Tiefsee-Ebenen und ernähren sich unter anderem von auf den Meeresboden gesunkenen Walkadavern, die auch von kleineren Tiefseeorganismen wie zum Beispiel Schleimaalen, Krebstieren, Würmern und Mikroben zersetzt werden. Von den großen Haien bis hin zu kleinen Mikroben sorgen die spezialisierten Tiefseebewohner dafür, dass in die Tiefsee sinkendes kleines und großes organisches Material verwertet, verarbeitet und als Nährstoffe recycelt wieder dem Stoffkreislauf zugeführt wird.

Unter anderem als Abbauer, Recycler und Nährstofflieferanten erfüllen die Tiefseelebewesen insgesamt viele wichtige Funktionen im globalen Ökosystem Meer. Internationale Teams von Forschenden beschreiben auch insbesondere die Funktionen der Tiefsee zur Klimaregulation, wie die Aufnahme von Hitze und Kohlendioxid. Sie erklären, dass der Klimawandel beim Tiefseeumweltmanagement mitberücksichtigt werden sollte – zum Schutz und Erhalt der Tiefsee mitsamt ihren wichtigen Funktionen.

ANPASSUNG AN EXTREME LEBENSBEDINGUNGEN

Nahrung kann in der Tiefsee knapp oder auch nur zeitweise vorhanden sein. Daher – und aufgrund anderer Faktoren wie Dunkelheit und Kälte – laufen viele Prozesse, wie Stoffwechsel, Wachstum und Vermehrung, hier teils sehr verlangsamt ab. Von manchen Tiefseetieren wird angenommen, dass sie oft lange ohne Nahrung auskommen müssen. Entsprechend muss der Energieverbrauch reduziert werden, indem zum Beispiel Bewegungen und Stoffwechsel auf ein Minimum verringert werden. Von dem in oberen sonnendurchfluteten Meeresbereichen entstandenen organischen Material wird der Großteil mit zunehmender Tiefe in der Wassersäule nach und nach von verschiedenen Lebewesen verwertet - nur ein Bruchteil erreicht den Tiefseeboden. Trotzdem wurden an verschiedenen Stellen der Tiefseeböden bereits völlig unterschiedliche Hotspots des Lebens entdeckt, wo jeweils spezifisch angepasste Lebewesen in hoher Vielfalt und Dichte vorkommen. Diese existieren in dieser Form teils nur an einer bestimmten Stelle als lokal angepasste einzigartige Lebewesen. Einige benthische (am Boden lebende) Organismen, wie Tiefseekorallen und Schwämme, siedeln oasenartig an aus dem Weichboden hervorgehobenem harten Untergrund, zum Beispiel Felsen. Ein besonderes Beispiel für solche harten Untergründe, an denen sich spezielle Lebensgemeinschaften bilden, sind Manganknollen.

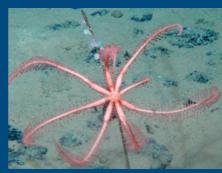
SPEZIELLE ÖKOSYSTEME AN MANGANKNOLLEN

Manganknollen kommen stellenweise auf Weichböden der Tiefsee-Ebenen vor, oft in Wassertiefen unterhalb von etwa 4.000 Metern, zum Beispiel in der Clarion-Clipperton-Zone im nordöstlichen Pazifik. Sie bilden sich im Laufe von Jahrmillionen langsam um einen Kern aus verschiedenem Material, beispielsweise einem Haifischzahn, zu Knollen von etwa der Größe von Kartoffeln. Manganknollen bieten als meist einzige verfügbare feste Untergründe (Hartsubstrate) in den umgebenden Weichböden Lebensraum für viele hochspezialisierte Arten. Dazu gehören unter anderem spezielle Arten von Korallen, Schwämmen und Anemonen, die sich auf den Manganknollen ansiedeln. Auf und mit diesen leben wiederum mobilere Lebewesen, etwa verschiedene Schlangensterne, Seesterne, Seeigel, Seegurken, Krebstiere, Fische und Oktopoden. Zusammen formen die vorhandenen Lebewesen ein sehr spezifisches Ökosystem und bilden Hotspots der Biodiversität in ihrer Umgebung. Auch der Sedimentboden steckt voller Leben mit beispielsweise vielen verschiedenen Fadenwürmern, Vielborstern und Mikroben.



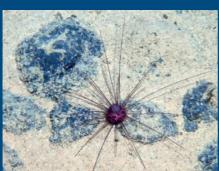
Beispiele für Lebewesen in Tiefseebereichen von Manganknollenzonen (von links oben nach rechts unten): Cirrentragender Krake in der Clarion-Clipperton-Zone im Zentralpazifik, Anemone, Seestern an einem gestielten Schwamm auf einer Manganknolle, Schwamm, Seestern, langstacheliger Seeigel und Seegurke an und zwischen Manganknollen.













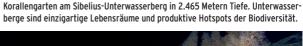


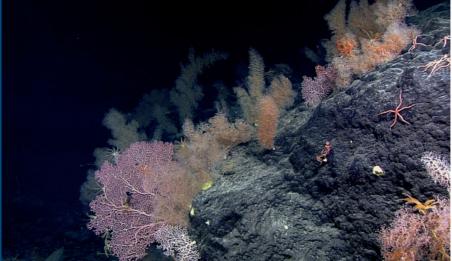
Sogar tieftauchende Wale wie Pottwale, die unter anderem im zentralen Nordpazifik verbreitet sind, nutzen möglicherweise den Meeresboden in Gebieten mit Manganknollen.

Manganknollen, die für viele Lebewesen die Lebensgrundlage bilden, sind aktuell im Fokus von Rohstoffinteressen. Die polymetallischen Knollen enthalten neben Mangan und Eisen unter anderem Kupfer, Nickel und Kobalt, die von wirtschaftlichem Interesse sind. Ihr Abbau würde jedoch den Lebewesen, die auf die Knollen als Hartsubstrate zum Ansiedeln angewiesen sind, die Grundlage entziehen und die natürlichen Ökosysteme zerstören. Diese Ökosysteme sind erst teilweise erforscht, und neben einigen bereits klaren gravierenden negativen Auswirkungen ihres Abbaus sind die weitreichenden Folgen ihrer Zerstörung nur unzureichend absehbar. Zum Beispiel ist vieles über die Wechselwirkungen zwischen diesen Ökosystemen und ihrer Umwelt noch nicht geklärt. Insgesamt muss hier im Hinblick auf potenziellen Tiefseebergbau zunächst das Vorsorgeprinzip angewandt werden. Unter anderem vermuten Forschende, dass möglicherweise auch tieftauchende Wale, wie Pottwale und Schnabelwale, den Meeresboden zum Beispiel in der Clarion-Clipperton-Zone nutzen. Die Rote Liste der bedrohten Arten von der IUCN (International Union for Conservation of Nature) zeigt, dass zu wenig über die Bestände vieler Schnabelwal-Arten bekannt ist. Pottwale gelten als gefährdet und müssen entsprechend geschützt werden.

SPEZIELLE ÖKOSYSTEME AN UNTERWASSERBERGEN

Ein weiteres Beispiel für Rohstoffvorkommen im Fokus von Tiefseebergbau-Interessen sind Eisen-Mangan-Krusten in tieferen Bereichen von Unterwasserbergen. Diese Krusten können neben Eisen und Mangan zum Beispiel Kobalt, Nickel und einige weitere Elemente enthalten. Unterwasserberge sind meist vulkanischen Ursprungs und erheben sich mehrere Hunderte Meter und mehr vom Tiefseeboden. Auch Unterwasserberge bieten wichtige Hartsubstratflächen zum Ansiedeln und sind einzigartige Lebensräume für Tiefseelebewesen. Sie werden von vielfältigen Tiergruppen besiedelt, darunter verschiedene Schwämme, Korallen, Seelilien und Haarsterne, teils möglicherweise mit sehr langer Lebensdauer (zum Beispiel Korallen) oder auch lebende Fossilien (zum Beispiel Seelilien). Besonders Korallen und Schwämme bieten wiederum zahlreichen anderen Lebewesen, wie Krebstieren und Fischen, Lebensraum und Nahrungsgründe. Die biologische Vielfalt an Unterwasserbergen lockt auch viele größere Fische und Meeressäugetiere an. Insgesamt bilden sich hier produktive Hotspots der Biodiversität, die an verschiedenen Unterwasserbergen und im Vergleich zu ihrer Umgebung teils stark variieren. Unterwasserberge sind global zahlreich verbreitet, wurden jedoch bislang erst zum Teil untersucht. Die einzelnen lokal lebenden Arten und mögliche Wechselwirkungen mit dem Umfeld, wie zum Beispiel Austausch durch Vermehrung und Verbreitung, sind erst teilweise bekannt. Unter anderem aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung, der Zerbrechlichkeit ihrer Fauna, ihrer Unterschiedlichkeit und bislang noch zu geringer Kenntnisse über die Diversität verschiedener Berge und die Wechselwirkungen untereinander gelten Unterwasserberge als verletzliche Meeresökosysteme, die besonders geschützt werden sollten.

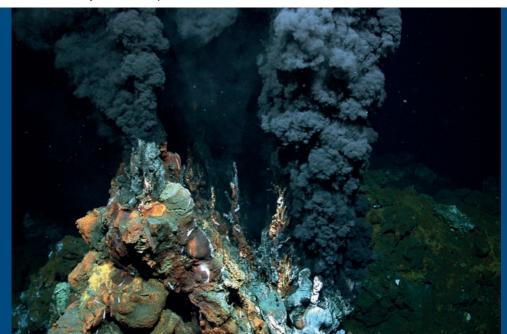




SPEZIELLE ÖKOSYSTEME AN TIEFSEEQUELLEN

Polymetallische Verbindungen entstehen auch an heißen Quellen, zum Beispiel an vulkanisch aktiven Unterwassergebirgen des Mittelozeanischen Rückens. Die an heißen Ouellen austretenden Substanzen reagieren mit dem kalten Meerwasser, sodass Metall-Schwefelverbindungen in Form von Massivsulfiden ausfallen. Diese bilden oft imposante Schlote, die als "Schwarze Raucher" bekannt sind. Massivsulfide enthalten unter anderem auch Kupfer, Zink, in Spuren zum Beispiel Gold und Silber. Hydrothermale Quellen sind extreme Lebensräume; sie sprudeln teils mit Temperaturen von bis zu mehr als 400 Grad Celsius. Trotzdem zählen sie unter anderem aufgrund von Bakterien, die mit Chemosynthese aus Quellensubstanzen (wie zum Beispiel Wasserstoff oder Schwefelwasserstoff) die Basis der Ökosysteme betreiben, zu den am dichtesten besiedelten Habitaten der Tiefsee. Hochspezialisierte Arten von Muscheln, Röhrenwürmern, Schnecken und Krebstieren sind lokal an den Quellen teils massenhaft vorhanden - mit vielen endemischen (nur dort vorkommenden) Arten. Mit hohem Grad von Spezialisierung, Endemismus, sowie erstaunlicher Biomasse und Biodiversität bilden Hydrothermalquellen-Ökosysteme besondere Oasen in ihrer Umgebung. Entsprechend werden sie auch als bedeutende, zu schützende, verletzliche Meeresökosysteme angesehen.

Leben an hydrothermalen Tiefseequellen. Links: Schwarzer Raucher am Mittelatlantischen Rücken in 2.980 Metern Wassertiefe. Rechts: Lebensqemeinschaft an Hydrothermalaustritten am Mittelatlantischen Rücken in 3.030 Metern Wassertiefe.



In manchen wissenschaftlichen Theorien wird angenommen, dass sich eventuell sogar das Leben auf der Erde ursprünglich an hydrothermalen Quellen entwickelt haben könnte. So sind Hydrothermalquellen Inspirationen für die Forschung, nach vergleichbaren extraterrestrischen Systemen zu suchen, sowie interessante Forschungsorte für verschiedene wissenschaftliche Bereiche, unter anderem zur Erforschung des Ursprungs des Lebens auf der Erde. Noch aktuell entstehen an einigen hydrothermalen Quellen, zum Beispiel der sogenannten "Lost City", Grundbausteine des Lebens - Kohlenwasserstoffe. Vom UNESCO Welterbe Programm wird das Lost-City-Hydrothermalfeld als ein Beispiel für herausragenden, universellen Wert in internationalen Gewässern angesehen, unter anderem aufgrund von über 120.000 Jahren bestehender Quellen-Aktivität. Insgesamt gelten Hydrothermalquellen sowohl im Hinblick auf Forschung als auch Ökologie als besonders schützenswert und schutzbedürftig vor Eingriffen wie dem Tiefseebergbau. Selbst mit Eingrenzung des Tiefseebergbaus auf inaktive Quellen könnten durch weitreichende Auswirkungen sich im Umfeld befindende aktive Quellen beeinträchtigt werden. Zudem sind an manchen inaktiven Quellen schon verschiedene Lebewesen, beispielsweise Korallen, beschrieben worden, und auch inaktive Quellen sind erst teilweise erforscht. Entsprechend sind nach dem Vorsorgeprinzip zur Beurteilung der möglichen Gefahren des Tiefseebergbaus zunächst mehr grundlegende wissenschaftliche Untersuchungen der Ökosysteme notwendig.





Eine Qualle schwebt vor Formationen des Lost-City-Hydrothermalfeldes auf dem Unterwasser-Bergmassiv Atlantis im Nordostatlantik.



Oktopus an einer Röhrenwurm-Kolonie im Ostpazifik in 400 Metern Wassertiefe. In der Tiefsee leben verschiedene Arten von Oktopoden, die teils auch schon in mehr als der zehnfachen Tiefe gesichtet wurden.

BEDROHUNG DES LEBENSRAUMS TIEFSEE

TIEFSEEBERGBAU UND ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN

Die technische Umsetzung von Tiefseebergbau ist etwa so geplant: Von großen Schiffen oder schwimmenden Operationsplattformen aus würden Tiefseebergbaugeräte, zum Beispiel Kollektoren, eingesetzt, die am Meeresboden durch Saugen, Schürfen, Schneiden oder andere Techniken die Rohstoffe abbauen, die dann zur Wasseroberfläche transportiert werden. Sowohl am Meeresboden als auch im Wasser darüber sind durch Tiefseebergbau-Operationen massive Auswirkungen auf die Umwelt und die Lebewesen zu erwarten. Am Meeresgrund würden die Grundlagen der Ökosysteme, die Hartsubstrate, wie Manganknollen, Schlote hydrothermaler Quellen und Eisen-Mangan-Krusten, entzogen. Diese sind über geologische Zeiträume von bis zu Jahrmillionen entstanden und bilden sich auch erst wieder über entsprechende Zeitspannen - wenn überhaupt. Im Fall der Manganknollen würde teilweise auch die oberste Sedimentschicht mitsamt in ihr lebenden Organismen abgetragen. Große Flächen des belebten Meeresbodens und der Hartsubstrat-Lebensräume einschließlich Lebewesen würden dauerhaft entnommen. Somit würden ganze benthische Habitate und die sie besiedelnden Organismen verschwinden. Strukturen und Funktionen von Ökosystemen würden zerstört. Dadurch würde auch die Verbindung zu anderen Ökosystemen unterbrochen mit möglicherweise weitreichenden Folgen.

Örtlich könnten schwere Tiefseebergbaumaschinen den Meeresboden belasten und verdichten. Vor allem können sie durch Abbau und Aufwirbelung großflächig Sedimentwolken erzeugen, die sich im Wasser ausbreiten. Die wieder absinkenden Sedimentwolken können benthische Organismen begraben und filternde Strukturen von sesshaften Filtrierern wie Korallen und Schwämmen verstopfen. Im natürlichen Zustand sind die Tiefenwasser sehr klar und es fallen hier nur sehr geringe Raten an Material zu Boden. Daher sind die Lebewesen nur an diese niedrigen Sedimentraten gewöhnt und können durch ein plötzliches Vielfaches davon entsprechend geschädigt werden. Zudem können beim Tiefseebergbau Schadstoffe, insbesondere Metalle, freigesetzt werden. Insgesamt können durch den Abbau der polymetallischen Rohstoffe und dabei entstehende Aufbereitungsrückstände problematische Emissionen von Metallen und Sedimenten potenziell über große Bereiche ins Meer gelangen. Tiefseebergbau-Sedimentwolken können Schätzungen zufolge negative Auswirkungen über weite Entfernungen haben, die sich bis viele Kilometer weit von der Abbaustelle erstrecken können. Darüber hinaus könnten sich die Auswirkungen noch weiter ausbreiten – Meeresströmungen verbinden sich in einem globalen Netz.



Emissionen von künstlichem Licht und Lärm belasten Meereslebewesen

Lärm

Sedimentwolken können Orga<u>nisme</u>n

am Boden begraben

Risiko, dass Erwärmung und Trübung des Meerwassers im Fall von Ablassen von Rückständen in höheren Wasserschichten Fotosynthese und andere Prozesse beeinträchtigen

Gefahr der Beeinträchtigung wichtiger Hotspots hoher biologischer Vielfalt

Gefahr der Schädigung der an Dunkelheit und Ruhe gewöhnten Lebewesen durch künstliches Licht und Lärm

Künstliches Licht

Unterwasserberge mit kobaltreichen Eisen-Mangan-Krusten



Gefahr der Belastung

Risiko, dass Emissionen von bei Transport- und Verarbeitungsprozessen freigesetzten Sedimenten und Schadstoffen sich weit verteilen

Gefahr der Schädigung von Ökosystemen und wichtigen Ökosystemfunktionen

Durch den Abbau würden Lebensgrundlagen zerstört und Lebewesen direkt aetötet

Risiko, dass Emissionen von Schadstoffen Nahrungsketten belasten

Hartsubstrate würden entfernt und Ökosystemstrukturen zerstört

Hydrothermalquellen mit Massivsulfiden

Abyssale Ebenen mit Manganknollen

ÖKOLOGISCHE GEFAHREN **DES TIEFSEEBERGBAUS:**

- Verlust der über geologische Zeiträume von Jahrtausenden bis zu Jahrmillionen entstandenen Hartsubstrate (Manganknollen, Eisen-Mangan-Krusten, Schlote/Massivsulfide), die Grundlagen für viele Lebewesen sind
- Direktes Töten von Lebewesen durch den Abbau
- Gefahr des Verlusts von Arten, auch besonderen wie sehr langlebigen Arten oder lebenden Fossilien oder Arten, die teils noch nicht einmal bekannt sind
- Verlust von Biodiversität und genetischen Ressourcen
- Schädigungen der Meereslebewesen durch Emissionen von künstlichem Licht, Lärm, Vibrationen und Weiterem
- Schädigungen der Meeresumwelt und Meereslebewesen durch beim Abbau freigesetzte Schadstoffe und Sedimentwolken, die sich weit im Wasser verteilen können
- Gefahr der Anreicherung von freigesetzten Schadstoffen in Nahrungsketten bis hin zu Meerestieren, die Menschen als Nahrung dienen
- Sedimentwolken können Lebewesen im Wasser (von kleinstem Plankton bis zu großen Walen) belasten und Lebewesen am Boden begraben
- Insgesamt Beeinträchtigung einiger Ökosystemfunktionen mit potenziellen globalen Auswirkungen

Maßstab zur grafischen Darstellung angepasst

WEITERE AUSWIRKUNGEN AUF DAS GESAMTE ÖKOSYSTEM

Beim Tiefseebergbau freigesetzte Sedimentwolken und Schadstoffe können negative Auswirkungen auf Umwelt und Lebewesen haben und auch weitflächig über Meeresströmungen verteilt andere Orte belasten. Tiefseebergbau würde zudem Emissionen von Lärm, stellenweise künstlichem Licht, möglicherweise elektromagnetischen Störungen und Weiterem verursachen, was Meereslebewesen unter Stress setzen und schädigen kann. Tiefseelebewesen sind an eine dunkle und ruhige Umgebung angepasst und sie kommunizieren und interagieren durch Lautäußerungen, Biolumineszenz-Lichtsignale und chemische Signale. Entsprechend können sie durch Tiefseebergbau-Emissionen von Lärm, künstlichem Licht und verschiedenen Stoffen stark gestört werden. Auch in der Wassersäule sind potenziell im Transport- und Verarbeitungsprozess zum Beispiel von den Schiffen aus ins Wasser freigesetzte Aufbereitungsrückstände aus Sedimenten und Metallen ein Risiko.

Insgesamt können durch Sedimentwolken, Schadstoffe und die anderen Emissionen auch in der Wassersäule problematische Auswirkungen auf die Meeresumwelt entstehen, die sich teils weit über Abbaustellen hinaus ausdehnen können. Wissenschaftliche Studien beschreiben nicht nur die Gefahr für die Lebewesen am Meeresboden, sondern auch für die Lebewesen oberhalb des Grundes und in der gesamten Wassersäule darüber, bis zu großen marinen Säugetieren. Problematisch ist dabei auch, dass Schadstoffe sich in den Nahrungsketten der Meerestiere anreichern können und unter anderem auch diejenigen Meerestiere kontaminieren können, die uns Menschen als Nahrung dienen. Insgesamt können einige wichtige Ökosystemleistungen durch Tiefseebergbau beeinträchtigt werden, zum Beispiel im Nährstoffkreislauf. Neben den sichtbaren Lebewesen können auch kleinste Organismen wie Mikroplankton im Wasser sowie Mikroben und Würmer im Boden mitsamt ihren Funktionen für Stoffwechselkreisläufe und Ökosystemleistungen geschädigt werden. Eingriffe in den Meeresboden beeinträchtigen alle dort lebenden Organismen und ablaufenden Prozesse – allein in Bezug auf die geochemischen Bedingungen der Sedimente schließen Forschende aus Untersuchungen, dass schon relativ kleinflächige Tiefseebergbau-Eingriffe im Meeresboden die natürlichen geochemischen Bedingungen wohl im Jahrtausend-Maßstab schädigen können.

BLEIBENDE SPUREN UND SCHWERE REGENERATION

Bei wissenschaftlichen Experimenten in Manganknollengebieten, um mögliche Folgen des Tiefseebergbaus zu erforschen, wurden intensive und langfristige negative Umweltauswirkungen festgestellt. Diese wurden durch erneute Überprüfungen in den letzten Jahren bestätigt. Unter anderem zeigten Experimente, die Störungen durch Tiefseebergbau in begrenztem Umfang simulierten, in bis zu 37 Jahre späteren Nachuntersuchungen noch starke Auswirkungen und mangelnde Regeneration der Fauna. Forschende kommen zu dem Schluss, dass die Folgen des Tiefseebergbaus langfristig wären. Zudem wird angenommen, dass wenn schon bei Test-Versuchen in kleinem Umfang sich derartige Auswirkungen zeigen, die negativen Effekte bei dem großräumigen kommerziellen Tiefseebergbau um ein Vielfaches schlimmer ausfallen können.

Auch wenn erst ein Bruchteil der Tiefsee erforscht ist, ist schon genug bekannt, um zu wissen, dass die Ökosysteme in der Tiefsee nicht nur vielfältig, einzigartig und von globaler Bedeutung sind, sondern auch sehr verletzlich. Gerade die hohe Spezialisierung, das verstreute Vorkommen von lokalen spezifischen Lebewesen, die Langsamkeit von Stoffwechsel, Wachstum, Vermehrung und anderen Prozessen machen die Tiefseelebewesen und ihre Ökosysteme sehr empfindlich gegenüber Störungen und Eingriffen und erschweren die Regeneration. Generell ist schon heute klar, dass der Abbau von in der Tiefsee lagernden Rohstoffen gravierende und zum Teil unwiderrufliche Schädigungen der Meeresumwelt zur Folge haben würde. Internationalen wissenschaftlichen Studien zufolge besteht das Risiko, dass dadurch auch Arten aussterben können und in jedem Fall ein Verlust an Biodiversität entsteht. Dieses Risiko ist für Arten besonders hoch, die speziell an Lebensräume wie einzelne hydrothermale Quellen, Unterwasserberge oder Manganknollen-Gebiete angepasst und endemisch sind, also nur an einem Ort vorkommen.

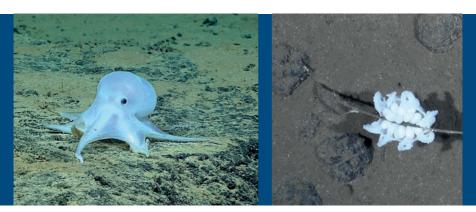


BEDROHUNG DER LEBENSGRUNDLAGE UND VERLUST VON ÖKOSYSTEMEN

Die für den Tiefseebergbau interessanten Rohstoffe am Meeresboden bilden als Hartsubstrate, die innerhalb von Tausenden bis Millionen Jahren entstanden sind, die Grundlage des dortigen Lebens. Werden sie abgebaut, würden alle dort vorkommenden festsitzenden und weniger mobilen Organismen, wie teils langlebige Korallen und Schwämme bis hin zu Würmern und Mikroben ihrer Lebensgrundlage beraubt. Und auch mobilere Lebewesen, die sich an diese Lebensräume angepasst haben, sind von den Auswirkungen des Tiefseebergbaus bedroht, zum Beispiel Oktopoden, die ihre Eier an Aufwuchs von Manganknollen ausbrüten. Da von Oktopoden intensive Brutpflege bekannt ist, kann dies Anlass zur Sorge sein, dass sie womöglich bei ihren Eiern bleiben und nicht fliehen würden, wenn Tiefseebergbaugeräte auf sie zukommen. Ähnliches trifft auch auf andere mobile Tiere zu, wie zum Beispiel Fische, die sich theoretisch wegbewegen könnten, jedoch aufgrund von ortsgebundenem Nachwuchs, Schock, Irritation oder aus anderen Gründen unter Umständen nicht rechtzeitig fliehen können. Neben allen festsitzenden und mobilen Lebewesen, die durch den Abbau direkt getötet werden, würden mit Entfernen der Rohstoffe auch die jeweiligen Ökosysteme zerstört. Prozesse wie Wiederbesiedlung verlaufen in der Tiefsee oft eher langsam, wenn überhaupt, und hier würden die natürlichen Ansiedlungsuntergründe mit den Rohstoffen weggenommen. Die langsame erdgeschichtliche Entstehung der Rohstoffe, die Grundlage der Ökosysteme sind, bedeutet: Selbst wenn keine endemischen Arten direkt ausgerottet würden, würden die ursprünglichen Ökosysteme und Lebensgemeinschaften innerhalb menschlicher Zeiträume dort nicht wieder entstehen oder auch unwiederbringlich verloren sein.

Manganknolle mit einem Tiefseeschwamm: Wenn Manganknollen entfernt werden, wird damit die Lebensgrundlage dort vorkommender festsitzender und weniger mobiler Organismen (zum Beispiel Mikroben, Schwämme und Korallen) entzogen.

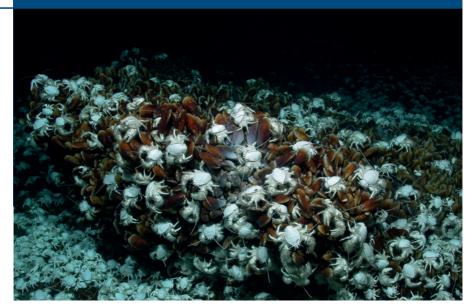




Auch mobile Lebewesen wie diese Oktopoden, die beobachtet wurden, ihre Eier an gestielten Schwämmen auf Manganknollen auszubrüten (s. rechts), sind von den Auswirkungen des Tiefseebergbaus bedroht.

RISIKEN HINZUKOMMENDER BELASTUNGEN DER TIEFSEE

Im Tiefseeraum bestehen insgesamt noch weitere Risiken möglicher oder bereits vorhandener Umweltbelastungen, die sich als negative Effekte summieren können. Ein Beispiel ist das kommerzielle Interesse an Methan aus marinen Methanhydraten zur Enerqieqewinnung. Das Methan wird durch mikrobiellen Abbau der organischen Anteile in marinen Sedimenten gebildet und steigt aufgrund seiner geringen Dichte auf. Methanhydrate bilden sich als kristalline Strukturen aus Wasser- und Methan-Molekülen unter bestimmten Bedingungen mit niedrigen Temperaturen und hohem Druck, häufig an Kontinentalrändern. Entsprechend wurden Methanhydrate bislang oft in Meerestiefen von etwa 500 bis 3.000 Metern gefunden (in kalten Gebieten auch flacher). Die Risiken einer potenziellen kommerziellen Extraktion von Methanhydraten stellen weitere mögliche Belastungen der Tiefseeumwelt dar. Sie gefährden insbesondere die speziellen Lebensgemeinschaften der kalten Quellen, die häufig in Gebieten mit Methanhydraten vorkommen. An kalten Quellen treten Substanzen mit im Gegensatz zu den heißen Quellen nur geringen Temperaturerhöhungen zum Meerwasser aus - vor allem Methan, das zum Beispiel mit Schwefelwasserstoff die Grundlage für chemosynthetisches Leben bildet. So entsteht dichter Bewuchs von Bartwürmern, Muscheln und Bakterienmatten, die wiederum zahlreichen Tiefseeorganismen als Nahrung dienen. Obwohl Methanproduktionstests in den letzten Jahren immer erfolgreicher geworden sind, hat die kommerzielle Extraktion aufgrund ökonomischer Erwägungen noch nicht begonnen. Vor dem Hintergrund anstrebender Interessen besteht jedoch die Gefahr, dass diese zu einer Belastung für die Tiefsee werden könnte.



An kalten Quellen bilden sich spezielle Lebensgemeinschaften wie diese unzähligen Krabben und Miesmuscheln an einer kalten Quelle im Arabischen Meer in 1.470 Metern Wassertiefe.

Aktuell ist die Tiefsee bereits durch die seit einiger Zeit praktizierte Tiefseefischerei belastet, die schon gravierende Spuren hinterlassen hat. Ganze Riffe von Tiefseekorallen und anderen Lebewesen, die über Jahrtausende florierten, wurden durch Fischereigeräte zertrümmert. Die bodenberührenden Fischereigeräte können mittlerweile bis in Tausende Meter Tiefe vordringen. Die in der Tiefe lebenden sesshaften Organismen wie Tiefseekorallen, Schwämme und Seelilien sind an stabile Umweltbedingungen mit ruhigem Wasser gewöhnt und entsprechend fragil, sodass sie leicht zerstört werden. Dabei ist dieser Umweltschaden ein Nebeneffekt der über den Boden ziehenden Fischereigeräte – der Fang zielt eigentlich auf andere Tiere ab, wie bestimmte Tiefseefischarten, deren Bestände durch die Befischung bedroht werden. Wissenschaftliche Studien berichten, dass nur ein geringer Teil der Tiefseefischerei bislang nachhaltig verlaufen ist und schon ein großer Teil der Tiefseebestände schnelle und erhebliche Rückgänge erlitten hat. Insgesamt hat die Tiefseefischerei schon Verluste an Biodiversität und Vorkommen der Tiefseeorganismen verursacht. Auch hierbei wird für viele Tiefseelebewesen angenommen, dass die Regeneration – soweit sie überhaupt möglich ist – durch die reduzierten Stoffwechsel-, Wachstums- und Vermehrungsraten Jahrzehnte bis Jahrhunderte dauern kann.

Mit ihren Anpassungen, einschließlich der Spezialisierung auf sehr bestimmte und sehr gleichbleibende Umweltbedingungen, sind Tiefseeorganismen auch potenziell sehr sensibel gegenüber Auswirkungen des Klimawandels, wie Erhöhung der Wassertemperatur und Senkung des Sauerstoffgehalts und des pH-Werts (Versauerung) des Meerwassers. Da das Leben in der Tiefsee zu einem großen Teil von der organischen Produktion an der Wasseroberfläche abhängt, wirken sich die Effekte des Klimawandels auf Prozesse an der Wasseroberfläche auch global auf die Tiefsee aus. Insgesamt bestehen Risiken multipler Störfaktoren und sich addierender kumulativer Effekte, die sich als Belastungen in der Tiefsee aufsummieren können, wodurch kritische Kipp-Punkte und Kapazitäten für Ausgleich und Regeneration überschritten und überlastet werden können.

Dazu kommen auch Risiken weiterer menschlich verursachter Belastungen, zum Beispiel durch Ölindustrie, Havarien und Verschmutzungen mit Schadstoffen sowie Müll. Die Deepwater Horizon Öl-Katastrophe 2010 im Golf von Mexiko zeigte sowohl die verheerenden Auswirkungen von Umweltkatastrophen durch Unfälle bei Bohrungen in der Tiefsee als auch die Schwierigkeiten, die fatalen Folgen in dem speziellen Lebensraum der Tiefsee zu bewältigen. Was Belastungen mit Müll in der Tiefsee betrifft, ist zum Beispiel die Kontamination mit Mikroplastik schon in die Tiefen der Meere vorgedrungen: In Amphipoden (Flohkrebsen) in einigen der tiefsten Ökosysteme der Erde in Tiefen von 7.000 bis fast 11.000 Metern wurde Mikroplastik gefunden. Ins Meer eingetragene Schadstoffe können in der Tiefsee als Senke landen. Was die oberen Meeresschichten belastet, kann letztendlich auch die unteren belasten und umgekehrt – die Meere sind vertikal und horizontal und in globalen Strömungen verbunden. Zu den bereits bestehenden Belastungen würde Tiefseebergbau noch als eine weitere Belastung hinzukommen, was die Gefahr einer Überlastung der Meeresökosysteme durch kumulative schädliche Effekte erhöht.

In der Tiefsee gibt es viele Kaltwasserkorallen wie diese vor Irland in 720 Metern Wassertiefe, die sehr leicht durch Eingriffe verletzt werden können und entsprechend geschützt werden müssen.



SCHUTZ FÜR DIE TIEFSEE

TIEFSEEMEERESBODEN IST GEMEINSAMES ERBE DER MENSCHHEIT

Nach dem Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS) ist der internationale Meeresboden (d. h. das Gebiet des Meeresbodens und -untergrundes jenseits der Grenzen nationaler Hoheitsbefugnisse), einschließlich dort vorkommender Ressourcen, das gemeinsame Erbe der Menschheit. Dieses gilt es für die Menschheit als Ganzes, auch für zukünftige Generationen, zu verwalten. Im Rahmen des Übereinkommens wurde die Internationale Meeresbodenbehörde (International Seabed Authority, ISA) geschaffen, die den Tiefseebergbau auf dem internationalen Meeresboden regeln und Maßnahmen zum Schutz der Meeresumwelt vor den negativen Auswirkungen des Tiefseebergbaus sicherstellen soll. Bisher auf Lizenzen zur Exploration begrenzt, um Gebiete zunächst zu erkunden, sind mittlerweile Regeln für den angewandten Tiefseebergbau in Ausarbeitung und Lizenzen für den Rohstoffabbau in der Diskussion. Interessenten entwickeln und testen Prototypen von Maschinen für Tiefseebergbau, was auf konkrete kommerzielle Abbauinteressen hinweist. Neben der Verpflichtung der ISA, hinsichtlich Aktivitäten zur Nutzung der Ressourcen auf internationalem Meeresboden geeignete Regulierungen zum Schutz und Erhalt der Meeresumwelt zu erlassen, besteht gemäß dem Seerechtsübereinkommen darüber hinaus für alle Vertragsstaaten die generelle Verpflichtung, die Meeresumwelt zu schützen und zu erhalten.

MEERE MÜSSEN GESCHÜTZT WERDEN

Im Rahmen der Agenda 2030 der Vereinten Nationen wurde unter anderem festgelegt, dass die Meeres- und Küstenökosysteme nachhaltig zu bewirtschaften und zu schützen sind sowie Maßnahmen zu ihrer Wiederherstellung zu ergreifen sind, damit die Meere wieder gesund und produktiv werden. Zudem sollen alle Arten der Meeresverschmutzung vermieden und erheblich verringert werden. Nun stattdessen einen per se nicht nachhaltigen Tiefseebergbau in internationalen Gewässern zu beginnen, erscheint damit nicht vereinbar. Die Meere stehen durch direkte und indirekte Einflüsse des Menschen schon stark unter Druck. Überfischung, Verschmutzung, Zerstörung von Lebensräumen und die zunehmende Erwärmung und Versauerung durch den menschlich befeuerten Klimawandel belasten das Ökosystem Meer bereits schwer. Diese negativen Trends drohen verstärkt und weiter beschleunigt zu werden, wenn Tiefseebergbau unmittelbar in die tiefsten und wenig bekannten Bereiche der Ozeane eingreift.



RISIKEN DES TIEFSEEBERGBAUS ZU HOCH

Obwohl die Tiefsee noch größtenteils unerforscht ist, wissen wir bereits genug über diesen Lebensraum, um ihn als einzigartig, wichtig und verletzlich zu verstehen allerdings reicht unser Wissen nicht, um die weitreichenden Folgen von Tiefseebergbau qut kalkulieren, vermindern oder ausgleichen zu können. Ausgleichsmaßnahmen, um Verluste der Biodiversität zu vermindern, sind in der Tiefsee wohl noch schwieriger als bei Eingriffen an anderen Orten. Die Regeneration ist hier schon dadurch erschwert, dass Stoffwechsel, Wachstum und Vermehrung verlangsamt sind und Lebewesen lokal und hochspezialisiert an bestimmten Stellen leben. Forschende analysieren kritisch, ob bestimmte als Ausgleich anvisierte Refugien oder Schutzzonen ihren Zweck erfüllen können. Beispielsweise erscheinen Vorkommen und Diversität einiger Lebewesen in den Gebieten für Tiefseebergbau teils anders, und insgesamt kann das Artenvorkommen lokal sehr unterschiedlich sein. Es wird infrage gestellt, inwiefern ein geschädigtes Ökosystem durch ein anderes Gebiet ausgeglichen werden könnte. Untersuchungen ergaben zum Beispiel, dass bestimmte Stellen an Unterwasserbergen aufgrund zu großer Unterschiede in der Artenzusammensetzung ungeeignet sind, um als Refugien zum Ausgleich von Manganknollengebieten in der Umgebung zu dienen. Viele Gebiete und Ökosysteme sind noch nicht ausreichend untersucht.

Von Fachleuten wird angemahnt, dass insgesamt noch zu große Wissenslücken bestehen – um gute Standards für Schutzregeln zu schaffen, müssten die Tiefseeökosysteme besser erforscht und verstanden sein. Dass aufgrund unzureichender Kenntnis der Tiefsee die gesamte Größenordnung der zu erwartenden Schäden unvorhersehbar ist, stärkt die Vorbehalte gegenüber dem Tiefseebergbau zusätzlich. Schon die Größe der potenziell gestörten Gebiete ist gewaltig, was eine mögliche Regeneration zusätzlich erschwert und den Abbau aus Naturschutzsicht umso gefährlicher macht. Um sich wirtschaftlich zu lohnen, würden Tiefseebergbau-Operationen je nach Substrat teils riesige Gebiete von bis zu mehreren Hundert Quadratkilometern Meeresboden pro Jahr bearbeiten müssen – und dabei sind Kosten für Umweltmanagement nicht einmal miteinberechnet, wie führende Meeresforschende warnen. Sie kommen zu dem Schluss, dass auf der Basis der aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisse es unmöglich erscheint, die Langzeitrisiken von industriellem Tiefseebergbau für die Meeresumwelt zu managen – sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht.

FAZIT – TIEFSEE MITSAMT BIODIVERSITÄT UND FUNKTIONEN SCHÜTZEN

Die Tiefsee ist ein riesiger, noch kaum erforschter Lebensraum mit vielfältigen, einzigartigen und verletzlichen Lebewesen und wichtigen Funktionen für das gesamte Ökosystem Meer und die Klimarequlation. Nach aktuellem wissenschaftlichem Stand birgt der Tiefseebergbau erhebliche Gefahren für die Tiefsee. Einige negative Auswirkungen sind bereits beschrieben, die gravierend und langfristig bis unumkehrbar wären. Mögliche weitreichende Folgeschäden durch Tiefseebergbau sind nur unzureichend kalkulierbar. Insgesamt sind die Risiken von schweren, langfristigen bis irreversiblen Schäden und des Verlusts von Biodiversität und Ökosystemen zu hoch. Stattdessen sollten Strategien der Rohstoff-Versorgungssicherheit gestärkt werden, die mit den internationalen und nationalen Nachhaltigkeitszielen Deutschlands vereinbar sind. Dazu gehören die Etablierung von Recycling, eine höhere Ressourceneffizienz sowie technologische und soziale Innovationen. Die Biodiversität in der Tiefsee ist zu schützen und zu erhalten – samt der Bewahrung vielfältiger Potenziale wie Ökosystem-Stabilität, genetische Reservoire, Ökosystemfunktionen und Forschungserkenntnisse aus besonderen Eigenschaften von Tiefseelebewesen wie Langlebigkeit und Anpassungsfähigkeit an extreme Bedinqungen. Um Tiefseeökosysteme besser verstehen und erhalten zu können, ist weitere Forschung essenziell. Das Bundesamt für Naturschutz empfiehlt unter Verweis auf das Vorsorgeprinzip, international keinen Tiefseebergbau zuzulassen, solange die Risiken für die Meeresumwelt, die Biodiversität und die Menschheit nicht ausreichend erforscht, verstanden und zu managen sind. Es gilt, der Verantwortung gerecht zu werden, das gemeinsame Erbe der Menschheit, einschließlich der Ökosysteme der Tiefsee und ihrer biologischen Vielfalt mitsamt ihrem gesamten Potenzial und ihren Funktionen, zu erhalten - global und auch für zukünftige Generationen.

Eine Tiefseemeduse im Südatlantik in 2.900 Metern Wassertiefe.



Bildnachweise

- Titel NOAA Office of Ocean Exploration and Research/Bruce Strickrott, Expedition to the Deep Slope
- Seite 4 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 5 ROV-Team, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- Seite 6 Bildzusammenstellung "Biodiversität in der Tiefsee": CD Werbeagentur; Valérie Schmitt, Report Wissen; Anna Krumpel und Katrin Prinz, Bundesamt für Naturschutz, inspiriert von Drazen et al. 2020, einzelne Originalbilder: Russ Hopcroft, University of Alaska Fairbanks; Alexander Semenov/Aquatilis; NOAA Office of Ocean Exploration and Research; Sven Tränkner, Senckenberg; Microcosm Film, The Hidden Ocean 2016: Chukchi Borderland; Kate Thomas, Duke University; Karen J. Osborn, Smithsonian Institution
- Seite 8 Prof. Dr. Gerhard Bohrmann, MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen
- Seite 9 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen/
 Ludwig-Maximilians-Universität München, Prof. Dr. Gert Wörheide, www.deepdownunder.de
 Jennifer S. Trickey. Scripps Institution of Oceanography. UC San Diego
- Seite 10 Grafik modifiziert nach Fauna & Flora International (FFI) (2020):

 CD Werbeagentur; Valérie Schmitt, Report Wissen; Anna Krumpel und Katrin Prinz,
 Bundesamt für Naturschutz
- Seite 13 ROV Kiel 6000 Team, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
 Clarion-Clipperton-Zone ROV-Team, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
 ROV-Team, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- Seite 14 Adobe Stock / prochym
- Seite 15 NOAA Office of Ocean Exploration and Research
- Seite 16 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 17 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 18 IFE, URI-JAO, Lost City science party, and NOAA Office of Ocean Exploration and Research MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 20 Grafik modifiziert nach Drazen et al. (2020), Fauna & Flora International (FFI) (2020), Miller et al. (2018): CD Werbeagentur; Valérie Schmitt, Report Wissen; Anna Krumpel und Katrin Prinz, Bundesamt für Naturschutz
- Seite 23 ROV-Team, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- Seite 24 ROV Kiel6000 Team, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- Seite 25 NOAA Office of Ocean Exploration and Research; Hohonu Moana 2016 Alfred-Wegener-Institut/OFOS-Team
- Seite 26 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 27 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 29 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)
- Seite 31 MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)

Literatur (Auswahl):

Boetius, A. and Haeckel, M. (2018): Mind the Seafloor. Science, 359:6371, pp. 34–36.

Bonifacio, P. et al. (2020): Alpha and beta diversity patterns of polychaete assemblages across the nodule province of the eastern Clarion-Clipperton Fracture Zone (equatorial Pacific). Biogeosciences, 17, 865–886.

Brix, S. et al. (2020): Adult life strategy affects distribution patterns in abyssal isopods – implications for conservation in Pacific nodule areas. Biogeosciences, 17, 6163–6184.

Chin, A. and Hari, K. (2020): Predicting the impacts of mining of deep sea polymetallic nodules in the Pacific Ocean: A review of Scientific literature. Deep Sea Mining Campaign and Mining-Watch Canada. 52 pages.

Christiansen, B. et al. (2019): Potential effects of deep seabed mining on pelagic and benthopelagic biota. Marine Policy, 114 (2020) 103442.

Christodoulou, M. et al. (2020): Unexpected high abyssal ophiuroid diversity in polymetallic nodule fields of the northeast Pacific Ocean and implications for conservation. Biogeosciences, 17, 1845–1876.

Clark, M. R. et al. (2016): The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. ICES Journal of Marine Science, 73 (Supplement 1), i51–i69.

Clarke, A. and Tyler, P. A. (2008): Adult Antarctic krill feeding at abyssal depths. Current Biology, 18: 282-285.

Cuvelier, D. et al. (2020): Are seamounts refuge areas for fauna from polymetallic nodule fields? Biogeosciences, 17, 2657–2680.

Danovaro, R. et al. (2017): The deep-sea under global change. Current Biology, 27, R431–R510.

Drazen, J. et al. (2020): Midwater ecosystems must be considered when evaluating environmental risks of deep-sea mining. PNAS, 117:30, 17455–17460.

Drazen, J. C. et al. (2019): Observations of deep-sea fishes and mobile scavengers from the abyssal DISCOL experimental mining area. Biogeosciences, 16, 3133–3146.

Fauna & Flora International (FFI) (2020): An Assessment of the Risks and Impacts of Seabed Mining on Marine Ecosystems. FFI: Cambridge U.K. Available from: www.fauna-flora.org.

Gausepohl, F. et al. (2020): Scars in the abyss: reconstructing sequence, location and temporal change of the 78 plough tracks of the 1989 DISCOL deep-sea disturbance experiment in the Peru Basin. Biogeosciences, 17, 1463–1493.

Haffert, L. et al. (2020): Assessing the temporal scale of deep-sea mining impacts on sediment biogeochemistry. Biogeosciences, 17, 2767–2789.

International Seabed Authority (2008): ISA Technical Study No. 3. Biodiversity, species ranges, and gene flow in the abyssal Pacific nodule province: predicting and managing the impacts of deep seabed mining: report / compiled for the International Seabed Authority by Smith, C. R. et al.

Jamieson, A. J. et al. (2019): Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. Royal Society open science, 6: 180667.

Jochum, K. P. et al. (2012): Siliceous deep-sea sponge *Monorhaphis chuni:* A potential paleoclimate archive in ancient animals. Chemical Geology, 300–301, 143–151.

Jones, D. O. B. et al. (2017): Biological responses to disturbance from simulated deep-sea polymetallic nodule mining. PLoS ONE 12(2): e0171750.

Levin, L. A. et al. (2020): Climate change considerations are fundamental to management of deepsea resource extraction. Global Change Biology, 26:4664–4678.

Levin, L. A. and Le Bris, N. (2015): The deep ocean under climate change. Science, 350 (6262), 766–768.

Marsh L. et al. (2018): Geomorphological evidence of large vertebrates interacting with the seafloor at abyssal depths in a region designated for deep-sea mining. Royal Society open science, 5: 180286.

Mayer, L. et al. (2018): The Nippon Foundation – GEBCO Seabed 2030 Project: The Quest to See the World's Oceans Completely Mapped by 2030. Geosciences, 8, 63.

Merkens, K. P. et al. (2019): Geographic and temporal patterns in the acoustic detection of sperm whales *Physeter macrocephalus* in the central and western North Pacific Ocean. Endangered Species Research, 39: 115—133.

MIDAS (2016): Implications of MIDAS results for policy makers: recommendations for future regulations, www.eu-midas.net

Miller, K. A. et al. (2018): An Overview of Seabed Mining Including the Current State of Development, Environmental Impacts, and Knowledge Gaps. Frontiers in Marine Science, 4:418.

Molari, M. et al. (2020): The contribution of microbial communities in polymetallic nodules to the diversity of the deep-sea microbiome of the Peru Basin (4130–4198 m depth). Biogeosciences, 17. 3203–3222.

Morato, T. et al. (2020): Climate-induced changes in the suitable habitat of cold-water corals and commercially important deep-sea fishes in the North Atlantic. Global Change Biology, 26:2181–2202.

Niner, H. J. et al. (2018): Deep-sea mining with no net loss of biodiversity – an impossible aim. Frontiers in Marine Science, Frontiers in Marine Science, 5:53.

Orcutt, B. N. et al. (2020): Impacts of deep-sea mining on microbial ecosystem services. Limnology and Oceanography, 65, 1489–1510.

Pitcher, T. J. et al. (2007): Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation. Blackwell Publishing.

Purser, A. et al. (2016): Association of deep-sea incirrate octopods with manganese crusts and nodule fields in the Pacific Ocean. Current Biology, 26, R1247–R1271.

Quick, N. J. et al. (2020): Extreme diving in mammals: first estimates of behavioural aerobic dive limits in Cuvier's beaked whales. Journal of Experimental Biology, 223, jeb222109.

Schoening, T. et al. (2020): Megafauna community assessment of polymetallic-nodule fields with cameras: platform and methodology comparison. Biogeosciences, 17, 3115–3133.

Schorr, G. S. et al. (2014): First Long-Term Behavioral Records from Cuvier's Beaked Whales (*Ziphius cavirostris*) Reveal Record-Breaking Dives. PLoS ONE, 9(3): e92633.

Schreier, J. E. and Lutz, R. A. (2019): Hydrothermal Vent Biota. Encyclopedia of Ocean Sciences.

Simon-Lledó, E. et al. (2019): Biological effects 26 years after simulated deep-sea mining. Scientific Reports, 9:8040.

Smith, C. R. et al. (2020): Deep-Sea Misconceptions Cause Underestimation of Seabed-Mining Impacts. Trends in Ecology & Evolution, 35, No. 10.

Stratmann, T. et al. (2018): Abyssal plain faunal carbon flows remain depressed 26 years after a simulated deep-sea mining disturbance. Biogeosciences, 15, 4131–4145.

UNESCO (2016): World Heritage in the High Seas: An Idea Whose Time Has Come. World Heritage reports 44, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France.

Vanreusel, A. et al. (2016): Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna. Scientific Reports, 6, 26808.

Van Dover, C. L. et al. (2020): Research is needed to inform environmental management of hydrothermally inactive and extinct polymetallic sulfide (PMS) deposits. Marine Policy, 121, 104183.

Van Dover, C. L. (2019): Inactive Sulfide Ecosystems in the Deep Sea: A Review. Frontiers in Marine Science, 6:461.

Van Dover, C. L. et al. (2018): Scientific rationale and international obligations for protection of active hydrothermal vent ecosystems from deep-sea mining. Marine Policy, 90, 20–28.

Van Dover, C. L. et al. (2017): Biodiversity loss from deep-sea mining. Nature Geoscience. www.nature.com/naturegeoscience.

Volz, J. B. et al. (2020): Impact of small-scale disturbances on geochemical conditions, biogeochemical processes and element fluxes in surface sediments of the eastern Clarion–Clipperton Zone, Pacific Ocean. Biogeosciences, 17, 1113–1131.

Vonnahme, T. R. et al. (2020): Effects of a deepsea mining experiment on seafloor microbial communities and functions after 26 years. Science Advances, 6: eaaz5922.

