



Hintergrunddokument

Tiefseebergbau

Rohstoffabbau in der Tiefsee bedroht hochsensible Lebensräume

Rohstoffabbau in der Tiefsee birgt kaum abschätzbare Risiken

Farbenprächtige Korallen; seltsam geformte bunte Schwämme; farblose Geister-Kraken, die ihre Eier über Jahre hinweg bewachen; fluoreszierende Garnelen; Fischarten mit bizarren Leuchtorganen – neben all diesen wundersamen Lebewesen finden sich in der Tiefsee auch Metalle wie Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Gold, Silber, Platin und die so begehrten seltenen Erden. Die erdgeschichtliche Entwicklung der Tiefseelebensräume hat zu jahrmillionenalten metallhaltigen Ablagerungen an Seebergen, hydrothermalen Quellen und in Sedimentationsbecken entlang vulkanischer Bruchzonen geführt.

Bereits 1868 wurden Manganknollen in der Tiefe des arktischen Ozeans entdeckt, 1872 / 1873 wurden sie auf einer der ersten Forschungsfahrten zur Erkundung der Weltmeere an die Oberfläche geholt. Über 100 Jahre lang erschien es vollkommen unrealistisch, diese Rohstoffe ökonomisch abzubauen und zu nutzen. Doch in den letzten Jahrzehnten rückten mit dem technologischen Fortschritt und dem gleichzeitig immer problematischer werdenden Abbau von Rohstoffen an Land (Stichworte: Endlichkeit, schlechte Arbeitsbedingungen, Umweltprobleme) die Rohstoffe im Meer immer stärker in den Fokus, auch in der Tiefsee. Weltweit steigt das Interesse, diese Lagerstätten zu erkunden, zu erschließen und schließlich wirtschaftlich zu nutzen.

Die Folgen für die Meeresumwelt werden gravierend sein, auch wenn sie in aller Konsequenz noch kaum abschätzbar sind. Bereits 1989 hatte ein deutsches Forscherteam ein erstes Langzeitexperiment zur Erforschung der Störungen und möglichen Wiederbesiedlung des Tiefseebodens in einem Manganknollen-Gebiet im Südlichen Pazifik (im Peru-Becken) gestartet, das so genannte DISCOL-Experiment. Nach der nur experimentellen Bearbeitung des kleinen, 10 km² großen ausgewählten Manganknollenareals im Jahr 1989 zeigten sich erhebliche Zerstörungen und im Beobachtungszeitraum bis 1996 starke Beeinträchtigungen der Lebensgemeinschaften am Meeresboden. 26 Jahre später (!), im Jahre 2015, konnte ein internationales Wissenschaftler:innen-Team das Gebiet erneut erforschen und war geschockt: selbst nach so langer Zeit waren die Schleppspuren zu erkennen, es gab tiefgreifende Veränderungen im Sediment, das Artenspektrum hatte sich verschoben und selbst die Bakterienkolonien hatten sich nicht erholt.

Wie würden die Veränderungen bei einem großflächigen, industriellen Rohstoffabbau aussehen, in der Tiefsee, aber auch in angrenzenden Meeresbereichen? Welche Auswirkungen haben die verschiedenen Abbaumethoden? Und wie passt das alles dazu, dass die betroffenen Areale, die nahezu alle im Gebiet außerhalb nationaler Rechtszuständigkeit liegen, zum gemeinsamen Erbe der Menschheit gehören? Gemäß UN-Seerechtsübereinkommen ist die internationale Staatengemeinschaft verpflichtet, die Meeresumwelt **wirksam** zu schützen, auch vor den schädlichen Auswirkungen durch alle mit dem Abbau von Erzen zusammenhängenden Tätigkeiten. Der Rohstoffabbau in der Tiefsee aber birgt so hohe Risiken, dass ein wirksamer Schutz der Meeresumwelt nicht gesichert ist.

Faszinierendes Leben in der Tiefsee – Wunder der Natur

Die Tiefsee – hier herrschen Dunkelheit, Kälte und ein enormer Druck. Das Sonnenlicht dringt lediglich durch die oberen Wasserschichten, ab einer Tiefe von etwa 600 Metern herrscht völlige Dunkelheit, ab ca. 200 Metern ist bereits keine Photosynthese und damit kein Pflanzenwachstum mehr möglich. Der Wasserdruck ist in der Tiefe erheblich und erfordert spezielle Anpassungen der dort vorkommenden Lebewesen. Beispielsweise in 1.000 Metern Tiefe beträgt der Wasserdruck etwa 100 bar, das sind 100 kg pro cm², in 4.000 Metern Tiefe 400 bar. Die Wassertemperaturen sinken bis nahe dem Gefrierpunkt. Bereits zwischen 500 und 1.500 Metern Wassertiefe bewegt sich die Temperatur zwischen 1,5° und 5° Celsius, in rund 6.000 Metern ist sie schon nahe 0° Celsius.

Als **Tiefsee** bezeichnet man den Bereich ab 200-800 Metern Tiefe, der sich vom Kontinentalschelf an abwärts erstreckt. Sie umfasst rund **54%** der Erdoberfläche unseres Planeten und bildet mit der Wassersäule und den vielen verschiedenen Lebensräumen am Meeresboden das größte Ökosystem der Erde.

Die Erdplatten, auf denen die Kontinente liegen, prägen auch den Meeresboden: die Platten driften an den **mittelozeanischen Rücken** auseinander. Diese ozeanischen Rücken entsprechen riesigen Gebirgen, die sich durch alle Ozeane ziehen und oft auch vulkanisch aktiv sind.

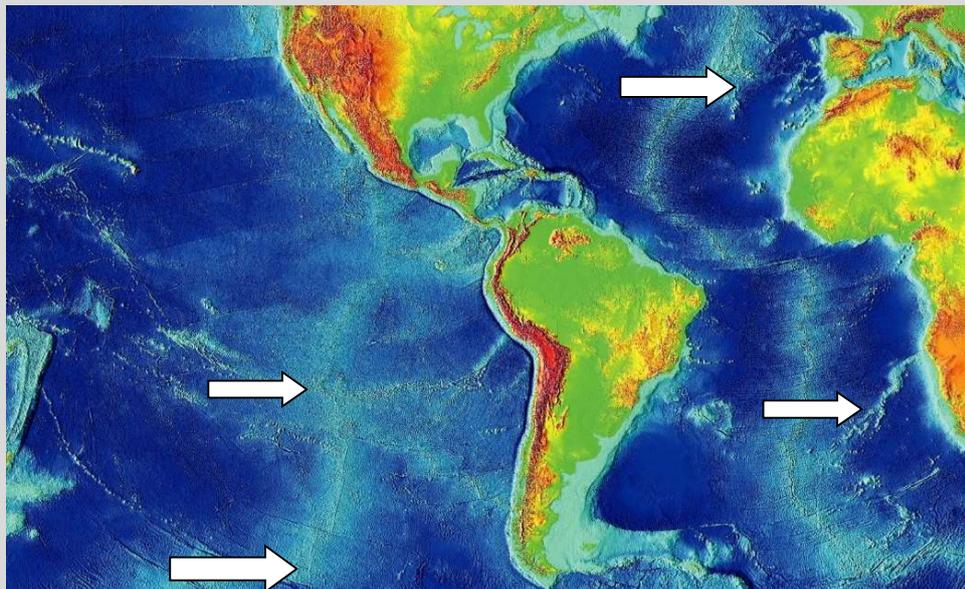


Abb. 1: Karte der Topographie des Meeresbodens, Ausschnitt mit den mittelozeanischen Rücken im südlichen Pazifik und im Atlantik (siehe Beispiel-Pfeile). Quelle: NDGC 2000, wikimedia commons.

Jenseits dieser Gebirge erstrecken sich großflächige **Tiefseebecken**, häufig von tiefen Rinnen flankiert. Die Rinnen liegen meist an den Zonen, an denen eine Erdplatte unter eine andere abtaucht. Der tiefste Punkt der Ozeane ist mit rund 11.000 Metern im Marianengraben zu finden, einer Tiefseerinne im westlichen Pazifik.

Entlang der mittelozeanischen Rücken, aber auch an so genannten Hot Spots, an denen die Erdkruste dünn ist, finden sich **Seeberge** vulkanischen Ursprungs und große Felder mit **Hydrothermalquellen**. Und selbst die Tiefseebecken weisen mit ihren Kämmen und flachen Tälern einen vielgestaltigen Meeresboden auf.

Unter diesen eigentlich lebensfeindlichen Bedingungen haben sich unzählige **hochspezialisierte Arten** entwickelt, die sich an das Leben in der Tiefsee angepasst haben. Sie ernähren sich von abgestorbenem organischen Material, das zu Boden sinkt, leben räuberisch oder auch in Symbiose mit Bakterien. Die Nahrungssuche ist für alle Arten mühsam – und infolgedessen wachsen die meisten Tiere langsam und erreichen erst spät die Geschlechtsreife. Die Fortpflanzung ist unter diesen Lebensbedingungen erschwert, und so werden viele Arten sehr alt (um überhaupt eine Chance zu haben, sich fortzupflanzen). Viele Arten haben spezielle Anpassungen an die Dunkelheit und Symbiosen mit Bakterien entwickelt, z.B. Biolumineszenz, um Beute oder potentielle Geschlechtspartner anzulocken.



Abb. 2 a + b: Faszination Tiefsee. Links ein auf Beute lauender Fisch aus der Familie der Seekröten, die unterhalb von 1.000 Meter Wassertiefe leben (*Chaunacops* sp.). Dieser hier wurde in einer Tiefe von 3.148 Metern an einem Seeberg der Musician Mountains im Pazifik entdeckt. Rechts ein Tintenfisch aus der Gruppe der Gallertkalmare, von denen viele Arten Biolumineszenz entwickelt haben. Quelle: NOAA

Seeberge sind besondere Hot Spots der Lebensvielfalt. Weltweit sind die Seeberge (englisch seamounts) sehr unterschiedlich ausgeprägt, z.B. in Höhe über Grund, Neigung, Zusammensetzung ihres Gesteins, umgebende Strömungsverhältnisse. So entwickeln sich um die Seeberge einzigartige Lebensgemeinschaften. Die meisten von ihnen sind gekennzeichnet von regelrechten Gärten aus (Kaltwasser-)Korallen und Schwämmen, die bewohnt werden von verschiedenen Krustentieren, Seesternen, Tiefseemuscheln und anderen Organismen. Angelockt von den vielen Beutetieren und den guten Laich- und Versteckmöglichkeiten leben in den Gewässern an und um die Seeberge die meisten Fische der Tiefsee.



Abb. 3 a + b: Links Korallengarten in einer Tiefe von 2.465 Metern, rechts Glasschwamm (*Bolosoma* sp.), beide Aufnahmen vom Sibelius Seamount der Musician Mountains im Pazifik. Quelle: NOAA.

Ein weiterer besonderer Lebensraum der Tiefsee sind **Hydrothermalfelder**, z.B. an den mittelozeanischen Rücken oder an so genannten Hot Spots, an denen die Erdkruste sehr dünn ist. Durch Spalten dringt Seewasser in die dicht unter dem Meeresboden liegenden heißen Basalt- und Magma-Zonen ein, wird erhitzt, nimmt Mineralien aus dem umgebenden Gestein

bzw. Magma auf und wird wieder mit hoher Temperatur (mehrere hundert Grad Celsius) durch kaminartige Öffnungen und Gesteinsspalten ausgestoßen. Es bilden sich die so genannten Schwarzen Raucher. Die heißen Hydrothermalwässer sind sauer, besitzen stark reduzierende Eigenschaften, und enthalten einen hohen Anteil an Schwefelwasserstoff und Metallen. Kommen diese heißen Wässer mit dem kalten Seewasser (hier, in einer Tiefe von 2.000 bis 3.000 Metern nur noch rund 2°C) in Kontakt, fallen viele Metalle aus, z.B. die Metallsulfide. Vor allem Bakterien nutzen die im Wasser gelösten Schwefelwasserstoffe für Chemosynthese. Diese Bakterien dienen Röhrenwürmern, spezialisierten Muschelarten und vielen verschiedenen Arten von Krebstieren und selbst Fischen als Nahrung. Die Anpassungsstrategien wurden so weit perfektioniert, dass viele dieser Tiere in Symbiose mit Bakterien leben, so wie z.B. die Schuppenfuß-Schnecke (*Chrysomallon squamiferum*). Sie hat die Bakterien in ihrer Speiseröhre, und sie ist sogar in der Lage, Eisensulfide in ihre Schale einzubauen. Bei Garnelen leben die Bakterien z.B. in den Kiemenkammern.

Die Schwarzen Raucher der Hydrothermalfelder mit ihren außergewöhnlichen Lebensgemeinschaften gelten als die am dichtesten besiedelten Lebensräume der Tiefsee. Bis zu 300 verschiedene Arten hat man an einem Schwarzen Raucher gefunden. Viele Arten sind an „ihren“ Hydrothermalfeldern endemisch, d.h. kommen nur dort vor. So hat beispielsweise die NOAA eine gestreifte, längliche Plattfischart in vielen 1.000 Metern Tiefe an einer Hydrothermalquelle nachgewiesen.

Bekannt sind derzeit mehr als 350 Gebiete mit aktiven Schwarzen Rauchern in den Ozeanen.

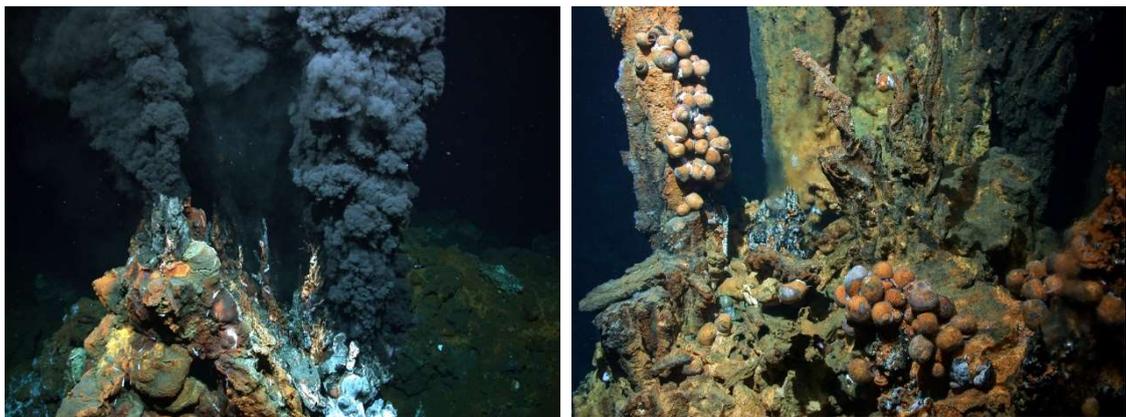


Abb. 4 a + b: Links Schwarzer Raucher am mittellatlantischen Rücken in 2.980 Meter Wassertiefe. Rechts Lebensgemeinschaft an einer Hydrothermalquelle in 1.640 Meter Tiefe. Quelle: MARUM.



Abb. 5 a + b: Links Lebensgemeinschaft mit Tiefseemuscheln, Röhrenwürmern und verschiedenen Krustentierarten im Hydrothermalfeld am mittellatlantischen Rücken in 3.030 Meter Wassertiefe. Quelle: MARUM. Rechts: Schwamm im Manganknollenfeld im Peru-Becken, Pazifik. Quelle: GEOMAR.

Doch selbst die Tiefseebecken sind kein homogener Lebensraum mit nur wenigen Arten. Kämme wechseln mit flachen Tälern, deren Oberfläche feinste Sedimente und metallhaltige Knollen aufweisen. Forschungsexpeditionen zeigen beispielsweise in solchen **Feldern mit Manganknollen** (siehe unten) in über 4.000 Meter Tiefe ein lokal starkes Vorkommen von Schwämmen, Seegurken, verschiedenen Arten der Oktopusse (Kraken) und vielen Bodenlebewesen. Auch hier haben sich Lebensgemeinschaften gebildet, die sich an die besonderen Bedingungen in dieser großen Tiefe angepasst haben. Manche Arten benötigen die Manganknollen, um hier siedeln zu können, da es das einzige feste Substrat in einem weichen Sediment ist.



Abb. 6: Manganknolle. Probenahme einer Knolle, bewachsen mit einem Schwamm. Quelle: GEOMAR, Expedition mit RV Sonne 2015 im Pazifik.



Abb. 7: Manche Oktopusse bewachen jahrelang ihre an Schwämmen abgelegten Eier. Quelle: AWI OFOS

Seeberge und Hydrothermalfelder gehören zu den global **besonders schutzbedürftigen Lebensräumen**. Sie erfüllen die Kriterien für „Vulnerable Marine Ecosystems“ (VMEs) der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) bzw. werden als „Ecologically or Biologically Significant Areas“ (EBSAs) unter der CBD (United Nations Convention on Biological Diversity) anerkannt. Eine effektive Unterschutzstellung gegen negative Folgen menschlicher Eingriffe, u.a. auch durch international anerkannte und effektiv gemanagte Meeresschutzgebiete, ist dringend erforderlich.

Rohstoffe in der Tiefsee

Doch genau in diesen ökologisch so herausragenden, bedeutsamen Lebensräumen in der Tiefsee mit einer einzigartigen Fauna kommen auch metallische Rohstoffe vor, deren Lagerstätten durch den technologischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten immer detaillierter erkundet wurden und immer stärker von wirtschaftlichem Interesse sind.

Man unterscheidet insbesondere drei verschiedene Rohstoffgruppen in der Tiefsee:

- Manganknollen oder polymetallische Knollen,
- kobalthaltige Krusten, auch kobaltreiche Eisen-Mangankrusten genannt, sowie
- polymetallische Sulfide / Sulfiderze.

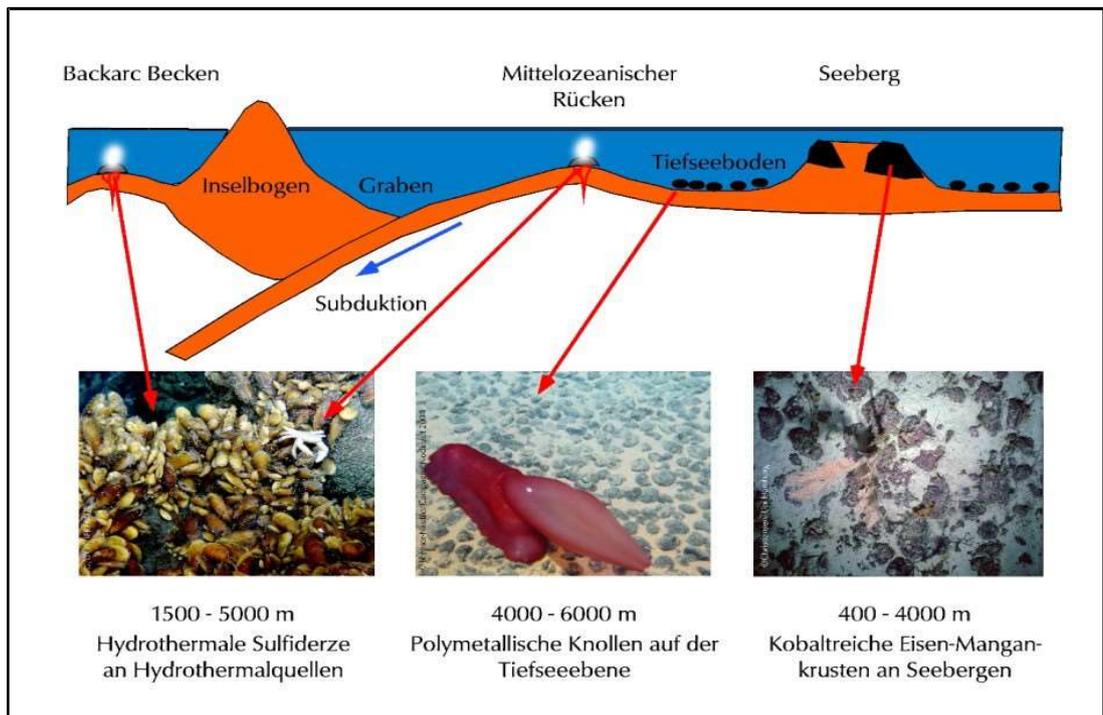


Abb. 8: Vorkommen der mineralischen Ressourcen in der Tiefsee: Hydrothermale Sulfiderze an Hydrothermalquellen; kobaltreiche Eisen-Mangankrusten an Seebergen und Polymetallische Knollen auf den Tiefseeebenen. Abbildung WWF, verändert nach Tawake 2012.

Manganknollen / polymetallische Knollen

Polymetallische Knollen, auch Manganknollen genannt, liegen in zum Teil hoher Dichte auf der Oberfläche der Tiefseeebenen in 4.000 – 6.000 Meter Tiefe. Sie entstehen im Verlauf von Millionen von Jahren, in dem sich Metallverbindungen zumeist aus der Wassersäule an organischen Kernen (z.B. Haizähnen, winzigen Basaltsteinchen oder Fossilien) ablagern, in der Regel in Gebieten mit extrem geringer Sedimentationsrate. Sie bestehen vorwiegend aus Mangan und Eisen und enthalten relativ hohe Konzentrationen an Nickel, Kupfer, Kobalt, sowie u.a. Elemente Seltener Erden wie Yttrium und Zirkonium. Die meisten Manganknollen haben einen Durchmesser von 5-10 cm, sie können aber auch bis 20 cm groß werden. Sie liegen auf bzw. in der obersten Schicht des umgebenden Sediments (siehe Abb. 5b, 6 & 8 Bild Mitte). Es gibt auch Manganknollen, die aus gesteinsbildenden Prozessen im Sediment entstehen, diese besitzen einen vergleichsweise sehr hohen Gehalt an Mangan und weniger andere Metalle.

Eine besonders große Zone mit hohen Manganknollendichten liegt in einem Gebiet westlich von Mexiko, zwischen den Clarion- und Clipperton-Bruchzonen. In diesem größten – und später evtl. auch wirtschaftlich wichtigsten Vorkommen, sind häufig 50 % des Meeresbodens mit Manganknollen bedeckt. Rechtlich befindet sich das Gebiet außerhalb nationaler Hoheitsgewässer und wird von der Internationalen Meeresbodenbehörde (ISA/ISBA) verwaltet. Das gesamte Lizenzgebiet erstreckt sich über unglaubliche 4,5 Millionen Quadratkilometer (!) und würde – übertragen auf Europa - von Paris bis östlich der Ukraine reichen. Siehe Abb. 9.

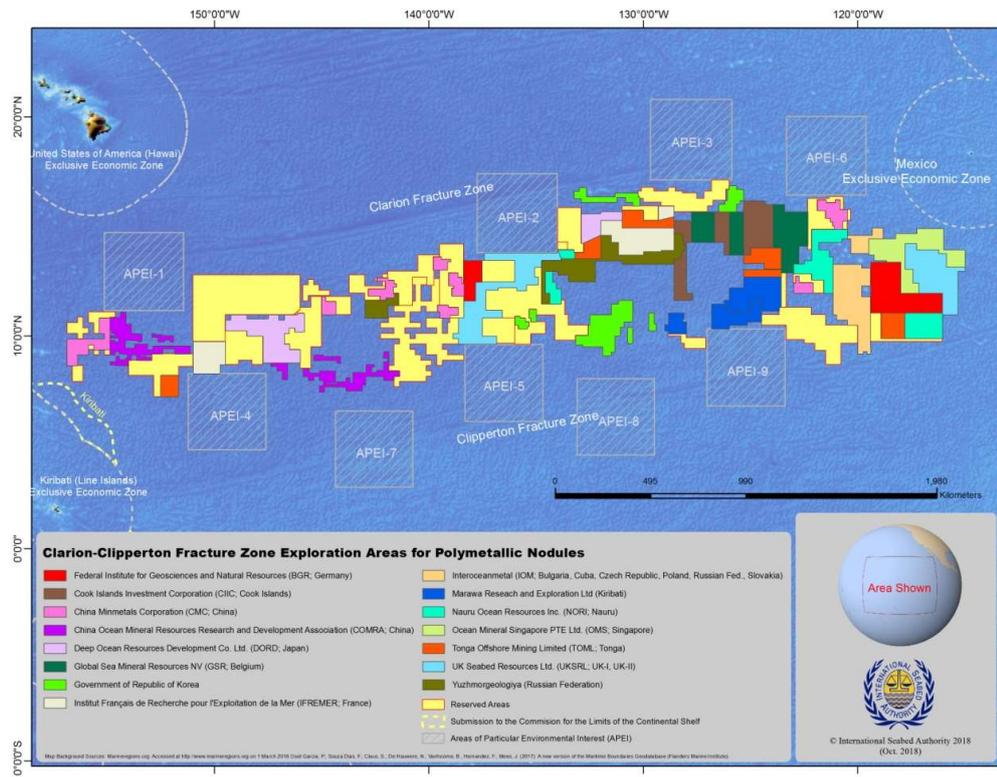


Abb. 9: Clarion-Clipperton-Bruchzone zwischen Hawaii (Karte oben links) und Mexiko. Die Farben kennzeichnen die 15 verschiedenen Explorationsgebiete, die bereits per Kontrakt vergeben sind (Stand Okt. 2018, inzwischen (2020) sind es 16 Lizenzen). Gelb gekennzeichnet die reservierten Bereiche (Reserved Areas), die die Internationale Meeresbodenbehörde (ISBA) für Kontrakte mit Entwicklungsländern oder die ISBA selbst reserviert hat. Quelle: ISA/ISBA

Polymetallische Sulfide

An aktiven oder erkalteten Hydrothermalquellen befinden sich auf relativ kleiner Fläche Ablagerungen hochkonzentrierter Metalle (**Massivsulfide**), welche sich aus den im Meerwasser erkaltenden hydrothermalen Flüssigkeiten absetzen (siehe oben). Von wirtschaftlichem Interesse sind neben den hohen Buntmetallgehalten (Kupfer, Blei und Zink) besonders die Edelmetalle Gold und Silber sowie die Hochtechnologiemetalle wie Indium, Germanium, Wismut und Selen.

Je länger die einzelnen Hydrothermalquellen aktiv sind, desto mächtiger die Ablagerungen. Das bedeutet: für die Erzgewinnung sind genau die hydrothermalen Ablagerungen am interessantesten, die am stabilsten sind und entsprechend entwickelte Artengemeinschaften mit vielen endemischen Arten haben.



Abb.: 10 a + b: Links Austritte von flüssigem Schwefel in 1.250 m Wassertiefe, Sulfidablagerungen. Quelle: MARUM. Rechts: Massivsulfid-Ab lagerungen an einem „Kamin“ am Urashima Seeberg südwestlich des Marianengrabens im Pazifik. Quelle: NOAA

Schritt für Schritt schreitet die Erforschung dieser einzigartigen Gebiete voran: rund 350 bekannte aktive Hydrothermalfelder weltweit und etwa 200 Gebiete mit Massivsulfid-Ab lagerungen sind seit der Entdeckung der ersten Schwarzen Raucher 1978/79 gefunden worden; biologisch erforscht sind davon die wenigsten. Wegen der Kleinräumigkeit der Austrittsstellen und der biologischen Vielfalt gelten Hydrothermalfelder als besonders verwundbar durch physische Eingriffe.

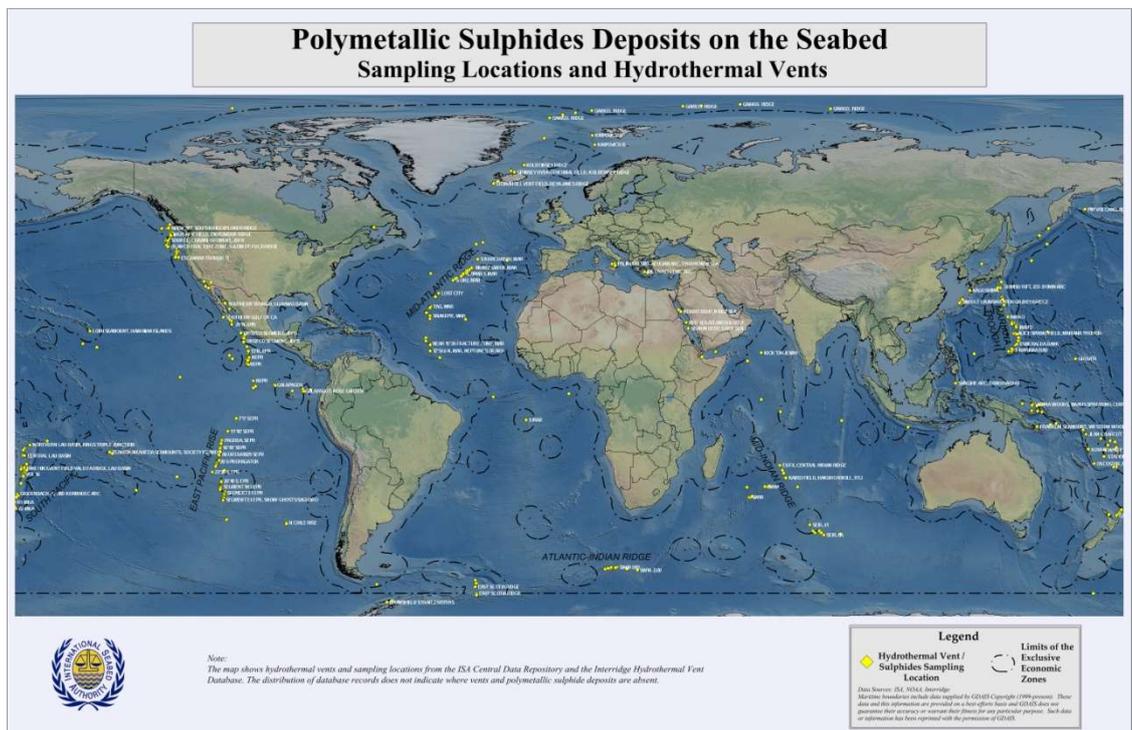


Abb. 11: Verteilung der Hydrothermalfelder/-quellen und Probennahme-Orte mit polymetallicen Sulfiden. Quelle: ISA/ISBA

Kobalthaltige Krusten

Kobaltreiche Eisen-Mangankrusten bilden sich über Millionen von Jahren durch Ablagerung im Meerwasser gelöster Metalle auf allen freiliegenden Gesteinen im Ozean, von über 400 bis etwa 4.000 Metern Tiefe in Gebieten mit vulkanischer Aktivität. Die Krusten sind vor allem auf

Hartgestein vulkanischen Ursprungs, insbesondere an den Flanken von Tafelbergen in 800-2.500 Metern Wassertiefe zu finden. Gerade dies sind jedoch die biologisch und ökologisch relevantesten Zonen der Seeberge, mit artenreicher Boden- und Fischfauna.

Die Krusten wachsen bis zu 5 mm in einer Million Jahren und können Krustendicken bis zu 26 cm erreichen. Solch mächtige Krusten haben ein Alter von bis zu 60 Millionen Jahren. Ihr Metallgehalt ähnelt dem der polymetallischen Knollen, allerdings mit einer vergleichsweise hohen Konzentration an Kobalt, aber auch an Nickel, Kupfer und anderen seltenen Metallen wie Titan, Tellur, Platin, Zirkonium sowie Seltene Erden.

Die Technologie für einen Krustenabbau (d.h. das Lösen bzw. Herausbrechen der Krusten vom Gestein) ist allerdings sehr komplex und somit bestehen derzeit (noch) keine wirtschaftlichen Lösungen. In jedem Fall würde ein Abbau der Krusten die komplette dort vorhandene Fauna vernichten.



Abb. 12: Brocken kobalthaltiger Kruste. Quelle: Jan Steffen / GEOMAR.

Rund zwei Drittel der potenziellen Lagerstätten kobalthaltiger Krusten befinden sich im Pazifik, vor allem im westlichen Zentralpazifik, auch an den Seebergen innerhalb der Ausschließlichen Wirtschaftszone der westpazifischen Inselstaaten. Rund ein Viertel der Vorkommen befindet sich im Atlantik, etwa 11 Prozent im Indischen Ozean (Zahlen Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2020).

Rechtsrahmen und Zuständigkeiten

Rohstoffabbau im Meer erfolgt bisher zum Einen auf den Kontinentalschelfen, also in Tiefen bis etwa 400 Metern. Hier werden v.a. Öl- und Gas gefördert, Sand und Kies abgebaut sowie weitere Rohstoffe wie Phosphor und auch Diamanten. Die Abbaugelände auf den Kontinentalschelfen liegen in der Regel innerhalb der Ausschließlichen Wirtschaftszonen der Küstenstaaten und unterliegen dann deren Hoheitsrechten.

Zum anderen gibt es Rohstoffe (wie oben beschrieben) jenseits der Kontinentalschelfe, also in der Tiefsee. Tiefseebergbau könnte sowohl innerhalb der nationalen Ausschließlichen Wirtschaftszonen oder außerhalb, entweder auf den von den Küstenstaaten beanspruchten erweiterten Kontinentalschelfen oder jenseits davon im „Gebiet“ stattfinden, also jenseits nationaler Rechtszuständigkeit der Küstenstaaten. In diesem „Gebiet“ ist der Meeresboden einschließlich seiner mineralischen Bodenschätze seerechtlich als „**Gemeinsames Erbe der Menschheit**“ im UN-Seerechtsübereinkommen definiert und wird stellvertretend durch eine UN-Behörde, die Internationale Meeresbodenbehörde (International Seabed Authority, ISA oder auch ISBA abgekürzt) verwaltet.



Internationale Meeresbodenbehörde (ISA / ISBA)

Gegründet wurde die ISBA 1994 unter dem UN-Seerechtsübereinkommen von 1982 (UN Convention on the Law of the Sea, UNCLOS), um den UNCLOS-Mitgliedsstaaten zu ermöglichen, Aktivitäten im „Gebiet“ außerhalb der nationalen Rechtszuständigkeiten zu organisieren, insbesondere im Hinblick auf die Rohstoffe im „Gebiet“.

Die ISBA mit Sitz in Kingston / Jamaika nahm 1996 offiziell ihre Arbeit als autonome international tätige Behörde auf. Derzeit gibt es 168 Mitgliedsstaaten.



Die **Organe der ISBA** sind

- die Versammlung (Assembly). Sie besteht aus den Mitgliedstaaten, 30 Beobachterstaaten, 32 UN- und Regierungsorganisationen (z.B. die WHO, die World Trade Organisation oder die OSPAR-Kommission) sowie ca. 30 Nicht-Regierungsorganisationen (u.a. WWF International)
- der Rat (Council), der das exekutive Organ der ISBA darstellt. Ihm gehören maximal 36 Mitglieder an, die für 4 Jahre von der Versammlung gewählt werden. Ein genaues Regelwerk schreibt vor, wie viele Mitglieder aus 5 verschiedenen Länder-Gruppen gewählt werden, abhängig von wirtschaftlichen Faktoren und geographischer Lage.
- die Rechts- und Technik-Kommission (Legal and Technical Commission). Sie besteht aus 30 Mitgliedern, gewählt auf 5 Jahre, die den Rat in allen Belangen hinsichtlich der Erkundung und Exploration der nicht-lebenden marinen Ressourcen beraten sollen.
- das Finanz-Komitee (Financial Committee), welches die Finanzen und das finanzielle Management der ISBA überwachen soll. Ihm gehören 15 Mitglieder an, die für eine Amtsperiode von 15 Jahren von der Versammlung gewählt werden.

UNCLOS stattete die ISBA mit einem dualen Mandat aus (repräsentiert durch die Waage im Logo der ISBA, s.o.): zum einen sollte sie die Nutzung der Ressourcen des „Gebietes“ zum Wohle der Menschheit entwickeln und zum anderen sollte sie dabei sicherstellen, dass dieses gemeinsame Erbe der Menschheit wirksam gegen Schäden und schädliche Auswirkungen der Rohstoffnutzung geschützt wird. Solange die industrielle Ausbeutung der Rohstoffe in weiter Ferne erschien, stellte niemand diese an sich gegensätzlichen Positionen in Frage.

Eine der Aufgaben der ISBA ist die Erstellung des „Mining Code“: der „Tiefseebergbau-Kodex“ ist ein Regelwerk, das aus verschiedenen Regularien, Bestimmungen und Prozessen besteht, die die Aufsuchung, Erkundung und Exploration (also die Ausbeutung) mariner Rohstoffe im Gebiet außerhalb nationaler Rechtszuständigkeit regeln sollen. Die ISBA erteilt die hierfür erforderlichen Lizenzen.

Bislang hat die ISBA **Regularien und Standards** erlassen für

- die Aufsuchung und Erkundung polymetallischer Knollen (2000, zuletzt aktualisiert 2013)
- die Aufsuchung und Exploration von polymetallischen Sulfiden (2010)
- und die Aufsuchung und Exploration für kobaltreiche Krusten (2012).

Eingeschlossen sind Empfehlungen zur Bewertung der ökologischen / Umwelt-Auswirkungen der Erkundung mariner Rohstoff-Lagerstätten. Ein erster Regional Environmental Impact Management Plan wurde 2011 für das Clarion-Clipperton-Manganknollenfeld beschlossen. Hierbei handelt es sich um einen gebietsbezogenen Plan, der u.a. neun Gebiete mit besonderer



ökologischer Bedeutung ausweist, in der keine Aktivitäten des Rohstoffabbaus stattfinden dürfen. Auch in anderen Erkundungsgebieten sollen solche Management Pläne erlassen werden.

Vertragspartner, die Lizenzen erhalten, sind dazu verpflichtet, in Einvernehmen mit den von der ISBA erstellten Regularien ein Environmental Impact Assessment (EIA, Umweltverträglichkeitsprüfung) zu erstellen, bevor sie mit der Ausbeutung beginnen.

Regularien für die Ausbeutung selbst hat die ISBA bislang jedoch noch nicht erstellt, d.h. dieses Regelwerk ist noch nicht vorhanden! Während das Ziel der ISBA war, dieses Regelwerk im Jahr 2020 zu verabschieden, dauern die Verhandlungen bis dato weiter an. Erst nach Verabschiedung dieses Regelwerkes können Lizenznehmer mit der tatsächlichen Ausbeutung der Ressourcen beginnen.

Lizenzen für die Aufsuchung und Erkundung mariner Rohstoffe hat die ISBA bereits an verschiedene Vertragspartner (die „Contractors“) vergeben. Es handelt sich dabei um **30 Lizenzen** für je 15-jährige Verträge (Stand 2020), in die 22 Länder involviert sind:

- 18 Lizenzen für die Erkundung polymetallischer Knollen (Manganknollen): 16 in der Clarion-Clipperton-Zone (siehe auch Abb. 9), eine im zentralen Becken des Indischen Ozean und eine im westlichen Pazifik.
- 7 Lizenzen für die Erkundung polymetallischer Sulfiderze (Massivsulfide) am südwestlichen Indischen Rücken, am zentralen Indischen Rücken und am Mittelatlantischen Rücken.
- 5 Lizenzen für die Erkundung kobaltreicher Krusten im westlichen Pazifik.

Von der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtet ist die erhebliche Größe der Lizenzgebiete, die untersucht werden können:

- Für polymetallische Knollen wird in den Explorationsregularien festgelegt, dass jeder Lizenznehmer ein Ursprungsareal von 150.000 km² erkunden kann. Nach 8 Jahren, also etwa der Hälfte der Vertragslaufzeit, muss die Hälfte des Areal an die ISBA zurückgegeben werden, so dass ein Bereich von 75.000 km² beim Lizenznehmer verbleibt, für das er dann die Lizenz zur Ausbeutung beantragen kann.
- Für die Erkundung polymetallischer Sulfiderze werden jedem Lizenznehmer 10.000 km² zugeteilt, die sich aus 100 Blöcken von max. 100 km² zusammensetzen.
- Für die Erkundung kobaltreicher Krusten werden den Lizenznehmern jeweils 3.000 km² zugeteilt, die sich aus 150 Blöcken von maximal 20 km² zusammensetzen.

Zum Vergleich: das Stadtgebiet der Großstadt Hamburg beträgt etwa 750 km², die Größe des Bundeslands Bayern umfasst etwa 70.500 km².

Auch Deutschland ist in die Aufsuchung und Erkundung mariner Rohstoffe involviert. So erkundet beispielsweise die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) mit einem internationalen Wissenschaftler:innenteam und vielen deutschen Forschungseinrichtungen im Auftrag der Bundesregierung seit Juli 2006 ein Lizenzgebiet für Manganknollen im äquatorialen Nordostpazifik und seit Mai 2015 ein Lizenzgebiet für Massivsulfide im westlichen Indischen Ozean.

Für das Manganknollengebiet hat die BGR als eine der wenigen Vertragspartner / Lizenznehmer bisher einen Bericht zum Environmental Impact Assessment vorlegt (siehe Links).

Risiken und Folgen des Tiefseebergbaus

Bereits die **Erkundung** der Tiefsee-Lagerstätten mit Schiffen und Tauchrobotern bringt in die entlegensten Gebiete unserer Ozeane Störungen, u.a. verbunden mit Unterwasserlärm durch den Schiffsverkehr. Unterwasserlärm kann vor allem Meeressäuger wie Wale und Delfine beeinträchtigen, von Vertreibung über Maskierung ihrer innerartlichen Kommunikation und Beute-Suche bis im Extremfall zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Verletzungen). Auch seismische Untersuchungen, die an den Lagerstätten durchgeführt werden, können diese großen Meerestiere gefährden. Dies gilt beispielsweise auch für seismische Untersuchungen der Seeberge mit ihrem hohen Fischreichtum, denn sie sind auch essentieller Lebensraum für Wale, Delfine und räuberische Fischarten wie Thunfische oder Haie. Durch Fischerei sind viele dieser Lebensräume ohnehin schon einem starken Nutzungsdruck ausgesetzt. Die kumulative Wirkung menschlicher Eingriffe gerade an diesen ökologisch herausragenden Lebensräumen ist bislang noch unzureichend erforscht.

Mögliche Schadstoff-Einträge von Schiffen, auch durch unvorhersehbare Havarien, können die Meeresumwelt gefährden. Selbst die ständige Beleuchtung der Forschungsschiffe in diesen abgelegenen Meeresregionen könnte beispielsweise Zugvögel in die Irre führen, ähnlich wie es von Offshore-Windkraftanlagen bekannt ist.

Selbst wenn die Probennahme und Untersuchung der eigentlichen Lagerstätten mit ihrer einzigartigen Fauna mit äußerster Vorsicht erfolgt, so bedeutet dies einen Eingriff in hochgradig sensible und besonders schutzbedürftige Lebensgemeinschaften. Mit jeder Forschungsexpedition in die Tiefsee werden neue Arten entdeckt; und oftmals sind es endemische Arten, die nur an einzelnen Seebergen, Hydrothermalfeldern oder Tiefseebecken vorkommen. Das Verschwinden solcher Arten selbst an einzelnen Plätzen kann ihr vollständiges Aussterben bedeuten. Viele Forschungsprojekte befassen sich derzeit mit der Untersuchung der ökologischen Auswirkungen von Tiefseebergbau (siehe Links am Ende).

Besonders gravierend werden die Risiken und Auswirkungen der **Exploitation** mariner Rohstoffe (also des eigentlichen Rohstoffabbaus) sein.

Sie werden auch abhängig sein von der eingesetzten Abbautechnik, die für diese großen Tiefen hochgradig komplex ist und an viele Unwägbarkeiten angepasst sein muss, wie Druck oder Strömungen, aber auch Neigung des Meeresbodens, Sedimentbeschaffenheit usw.

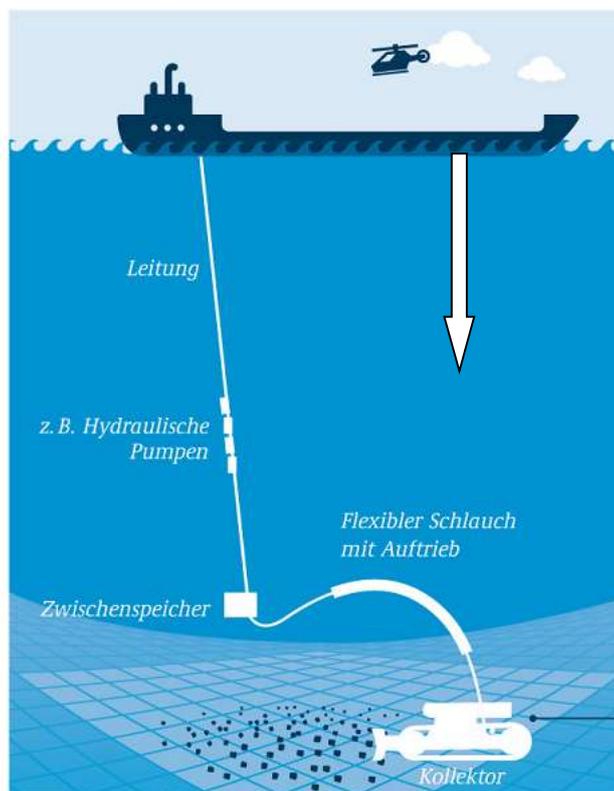
Bei dem **Abbau polymetallischer Knollen** wird ein Kollektor in die Tiefe (bis etwa 4.000 Meter!) zum Meeresboden gelassen, mehrere Tonnen schwer, bis zur Größe eines kleinen Einfamilienhauses. Dieser Kollektor (oder auch mehrere) gräbt die obere Bodenschicht durch und fördert die Manganknollen nebst Wasser und Sediment über ein kompliziertes Schlauchsystem mit hydraulischen Pumpen an Bord eines Schiffes oder einer Plattform. An Bord werden die Knollen heraus gespült und das überflüssige Wasser und Sediment wieder ins Meer zurückgeführt, entweder in Bodennähe oder in die Wassersäule. Siehe Abb. 13.

Die gravierendsten Probleme bei dieser Abbautechnik:

- Die metallhaltigen Knollen und mit ihnen die sessile, also auf ihnen lebende Tiefsee-Fauna wird unwiederbringlich entfernt und damit z.B. auch Laichhabitate für seltene Tiefsee-Arten wie verschiedene Oktopus-Arten.
- Auch die oberste Bodenschicht wird vollständig umgegraben oder abgetragen, die Fauna zerstört, aufgrund der Sedimentumlagerungen ist der Lebensraum auf Jahrzehnte verändert.

- Es entstehen am Boden erhebliche Trübungswolken (Sedimentwolken), aus der die Trübstoffe absinken und selbst die bislang unbeeinträchtigte Fauna in der Umgebung zudecken, so dass die Tiere absterben (z.B. Schwämme).
- Das zurückgeleitete Wasser-Sedimentgemisch verursacht eine weitere Trübungswolke, entweder am Boden oder sogar in der Wassersäule. Es ist weitgehend unbekannt, wie groß diese Trübungswolke sein wird und wie sie sich in der Wassersäule verhält, wie schnell sie sich auflöst oder verdriftet wird. Die Absinkprozesse in den Tiefseebecken sind extrem langsam, so dass damit gerechnet werden muss, dass sie sich lange in der Wassersäule hält und dort lebende Organismen erheblich beeinträchtigen kann, zumal sie auch Schadstoffe durch den Metallabrieb während des Förderprozesses enthalten kann.

Darüber hinaus bestehen auch die Gefahren, die oben bereits für die Erkundung benannt wurden, insbesondere Unterwasserlärm (auch in der Tiefe durch das Kollektorsystem, nicht allein durch den Schiffsverkehr) und Risiken durch Havarien.



Rückführung von Wasser und Sediment in die Wassersäule oder bis an den Boden (Pfeil)

Kollektor für Manganknollen in ca. 4.000 Meter Tiefe.

Abb. 13: mögliche Technologie zum Abbau von Manganknollen. Quelle: verändert nach UBA

Beim **Abbau von Massivsulfiden und kobaltreichen Krusten** werden vor allem solche Systeme eingesetzt, die das Gestein mit den auf ihnen befindlichen Ablagerungen herauschneiden oder brechen. Siehe Abb. 14.

Die Gefahren, die hierbei entstehen, sind ebenso gravierend wie beim Abbau von Manganknollen:

- Die Ablagerungen befinden sich an hochsensiblen Lebensräumen, die zumeist mit einzigartigen Lebensgemeinschaften besiedelt sind - diese werden beim Abbau und Herauslösen der Ablagerungen vollständig und unwiederbringlich zerstört – dabei ist

die Individuenzahl und vermutlich auch die Anzahl der Arten noch deutlich höher als die in Manganknollengebieten.

- An vielen Seebergen und in Hydrothermalfeldern gibt es endemische Arten, die nur dort oder in extrem wenigen anderen, naheliegenden Gebieten vorkommen und auf ein zusammenhängendes Netzwerk von geschützten Gebieten angewiesen sind, um einen genetischen Austausch zu gewährleisten. Werden selbst einzelne dieser Gebiete zerstört, so können ganze Arten aussterben.
- Beim Abbau entstehen ebenfalls Trübungswolken, deren Verhalten an den Hängen der Seeberge oder in den Hydrothermalfeldern weitgehend unerforscht ist.
- Es entstehen erhebliche Vibrationen und Lärm, wenn das Gestein bzw. die Ablagerungen herausgelöst werden, deren Auswirkungen auf viele der seltenen Arten noch weitgehend unbekannt sind.
- Wie auch beim Manganknollenabbau wird nach dem Förderprozess Wasser und ggf. Restsediment in den Ozean zurückgegeben. Auch hierbei entstehen Trübungswolken – siehe oben, ihr Verhalten und ihre Auswirkungen sind bislang kaum abschätzbar.

Auch hier bestehen die oben benannten Risiken hinsichtlich Unterwasserlärm, Havarien, Beleuchtung.

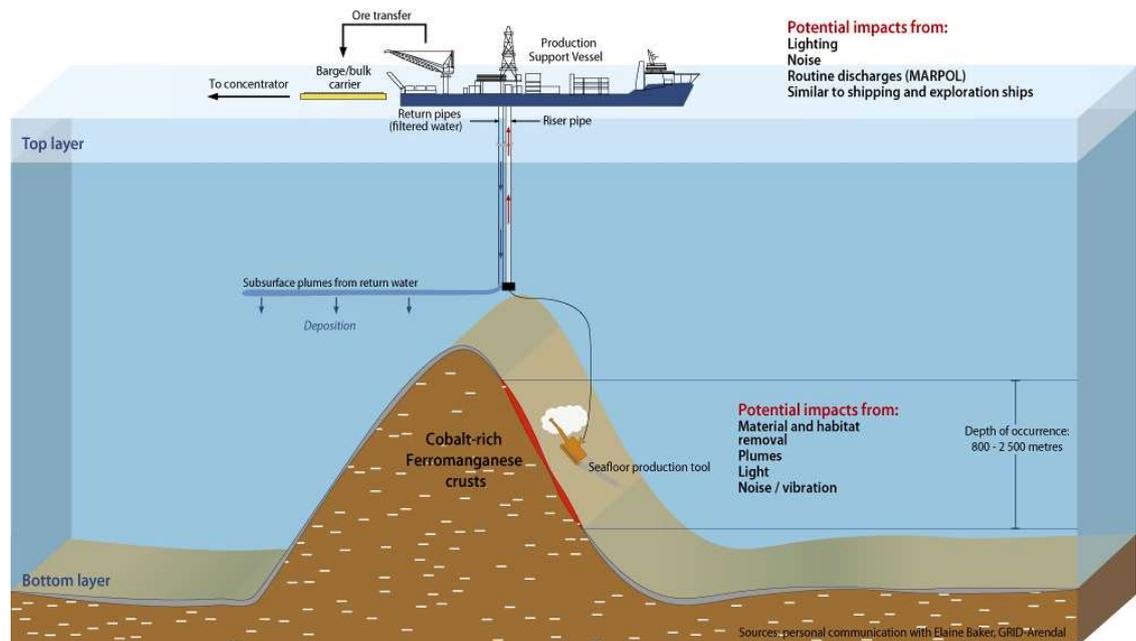


Abb. 14: Potentielle Auswirkungen beim Abbau kobaltreicher Krusten. Quelle: GRID Arendal.

Kurzum: die Risiken und Auswirkungen der Rohstofferkundung, insbesondere aber des Rohstoffabbaus sind sehr gravierend und zudem in vielen Punkten kaum abschätzbar. Das Gebiet jenseits nationaler Rechtszuständigkeiten gilt gemäß Seerechtsübereinkommen als **gemeinsames Erbe der Menschheit** und ist **wirksam** vor schädlichen Auswirkungen menschlicher Eingriffe zu schützen. Dies ist beim Abbau der genannten Rohstoffgruppen in der Tiefsee nach derzeitigem Stand der Wissenschaft und der Technik nicht zu gewährleisten.



Weiterführende Links

<https://wwf.panda.org/discover/our-focus/oceans-practice/no-deep-seabed-mining/>

<http://www.savethehighseas.org/deep-sea-mining/>

<https://www.isa.org.jm/>

<https://www.discol.de/de/home>

<https://miningimpact.geomar.de/>

<https://www.isa.org.jm/environmental-impact-assessments>

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/MarineRohstoffforschung/Meeresforschung/INDEX2019-Logbuch/aktuelles-inhaltsverzeichnis-node.html#anker_13

<https://www.iucn.org/content/deep-seabed-mining>

Fotos und Karten

AWI, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

GEOMAR, Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

International Seabed Authority

MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC-BY 4.0)

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration

Wikimedia commons

KONTAKT

Internationales WWF-Zentrum für Meeresschutz

Mönckebergstraße 27

20095 Hamburg

Tim Packeiser

Senior Policy Advisor Ocean Governance

E-Mail: tim.packeiser@wwf.de

Britta König

Pressesprecherin

E-Mail: britta.koenig@wwf.de

AUTOREN

Katrin Wollny-Goerke (meeresmedien) & Tim Packeiser (WWF)

Januar 2021