



MARINE MINERALISCHE ROHSTOFFE AN DER BGR

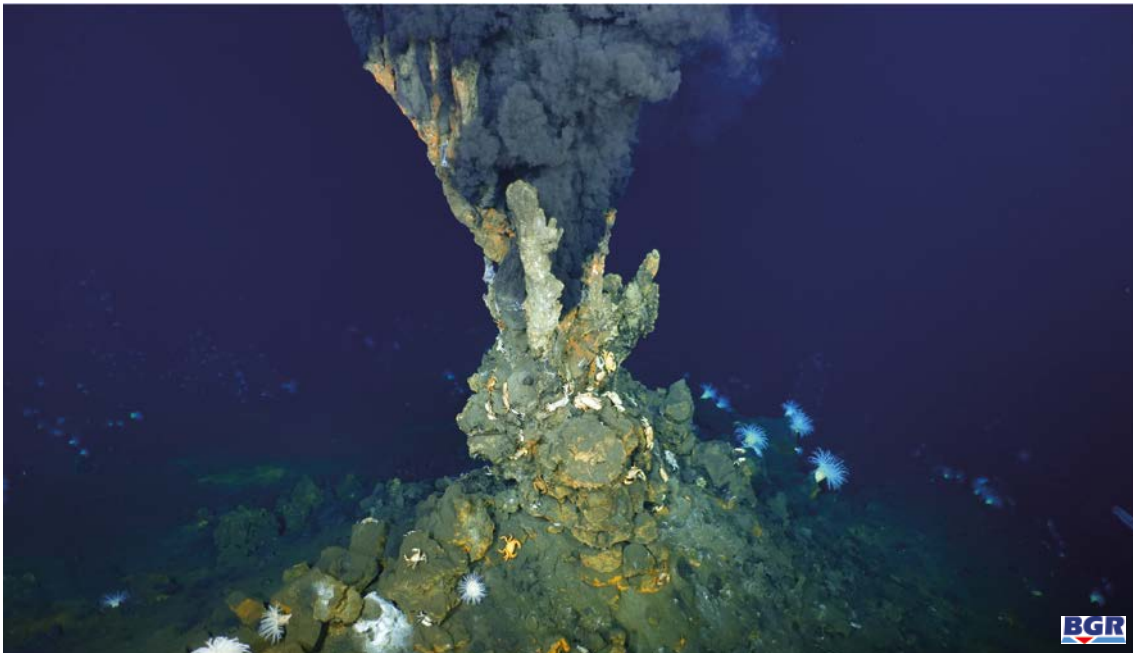


Abb. 1: Hochtemperatur-Schornstein aus dem ALPHA-Feld im deutschen Lizenzgebiet zur Erkundung von Massivsulfiden (Indischer Ozean), mit einer großen Zahl an Tiefseekrabben und Anemonen.

ALLGEMEINES ZUM THEMA

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hält im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz zwei Explorationslizenzen bei der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) in Jamaika zur Erkundung von Manganknollen und Massivsulfiden. Die Manganknollen-Lizenz für ein Gebiet von 75.000 km² Größe im östlichen äquatorialen Pazifik gilt seit Juli 2006 bis aktuell Juli 2026. Die Erkundungslizenz für Massivsulfidvorkommen im Indischen Ozean läuft seit Mai 2015 bis Mai 2030 und gilt für ein Gebiet von insgesamt 10.000 km², aufgeteilt in 100 Blöcke zu jeweils 100 km² (siehe Abb. 1). Beide Lizenzen sichern der Bundesrepublik Deutschland die exklusiven Rechte zur Erkundung und Erforschung dieser Gebiete und sie ermöglichen eine zielgerichtete Mitgestaltung anspruchsvoller internationaler Regelwerke und Standards für einen umweltverträglichen Tiefseebergbau. Seit 2016 informiert die BGR in einem jährlichen Newsletter über die aktuellen Ergebnisse dieser Erkundungsarbeiten. Der diesjährige Newsletter informiert über die Umweltmonitoring-Tätigkeiten zu den Kollektortests, die im letzten Jahr im Manganknollengürtel im östlichen Zentralpazifik durchgeführt wurden, über den Stand der Erarbeitung der Abbauregularien und neusten Entwicklungen bei der letzten Ratssitzung der IMB, über den Stand der letzten Explorationsfahrten im Indischen Ozean und über innovative neue Forschungsansätze, um die in den Tiefsee-Erzen enthaltenen Metalle möglichst umweltverträglich zu gewinnen.

UMWELTUNTERSUCHUNGEN 1,5 JAHRE NACH KOLLEKTORTESTS IN DER CLARION-CLIPPERTON ZONE IM PAZIFIK

Im April und Mai 2021 fanden erstmalig in Wassertiefen über 4.000 Metern erfolgreiche in situ-Tests des Manganknollenkollektor-Prototyps „Patania II“ statt (Abb. 2), der vom belgischen Unternehmen Global Sea Mineral Resources (GSR) entwickelt und eingesetzt wurde. Eine unabhängige Untersuchung der Umweltauswirkungen während und direkt nach den Tests in den Manganknollen-Explorationsgebieten von GSR und BGR wurde durch die BGR und das europäische Forschungskonsortium „MiningImpact“ von dem durch die BGR gecharterten Schiff MV „ISLAND PRIDE“ durchgeführt. Ziel war es, gemeinsam eine fundierte wissenschaftliche Grundlage für die Analyse und Modellierung von abbaubedingten Umweltauswirkungen zu erarbeiten.

Die Arbeiten fokussierten auf Untersuchungen zum Verdriften und Absinken der vom Kollektor ins bodennahe Meerwasser aufgewirbelten Sedimente, zur Freisetzung von Spurenmetallen in der Sedimentwolke, zu ad-hoc Veränderungen der biogeochemischen Stoffflüsse und mikrobiellen Umsatzraten im Oberflächensediment, zu unmittelbaren Veränderungen der Fauna verschiedener Größenklassen sowie zu Lärmemissionen des Kollektorfahrzeugs. Für dieses umfassende Monitoring am Meeresboden wurden modernste Geräte, wie zwei ferngesteuerte Tauchroboter (ROV), ein autonomes Unterwasserfahrzeug (AUV), in situ-Sauerstoff-Sensoren, in situ-Meerwasser-Pumpen sowie 50 interkalibrierte hydroakustische und optische Sensoren zur Messung der Schwebstoffkonzentration eingesetzt. Weiterhin wurden Kastengreifer, Multicorer und CTD-Rosette eingesetzt um gezielte Sediment- und Wasserproben aus den Testgebieten zu bekommen. Das Beprobungsschema ist in Abb. 3 dargestellt. Über die ersten Ergebnisse wurde bereits in dem Newsletter 2021 berichtet. In den vergangenen 18 Monaten wurden die gesammelten Daten und Proben des Sediments, des Wassers und der Fauna sowie der in situ-Messungen, die jeweils vor und nach den Tests in den beiden Gebieten gewonnen wurden, von allen beteiligten MiningImpact-Partnern, inklusive der BGR, analysiert. Darüber wird im nächsten Newsletter berichtet.



Abb. 2: Der Knollenkollektor-Prototyp „Patania II“ an Bord des durch GSR gecharterten Schiffes MV „NORMAND ENERGY“ (Foto: © GSR).

Vom 31. Oktober bis 23. Dezember 2022 findet als deutsches Nachfolgeprojekt zu „MiningImpact“ im Rahmen eines BMBF-Projektes „NoduleMonitoring2“ erneut eine Forschungsfahrt auf RV "SONNE" (Abb. 4) in den beiden Kollektortest-Gebieten statt (Fahrt SO295), mit dem Ziel die beiden Gebiete ca. 1,5 Jahre nach dem Test umfassend zu untersuchen. An Bord sind dieselben wissenschaftlichen Gruppen wie bei den Tests in 2021 vertreten, so auch die Arbeitsgruppe „Marine Geologie“ der BGR.

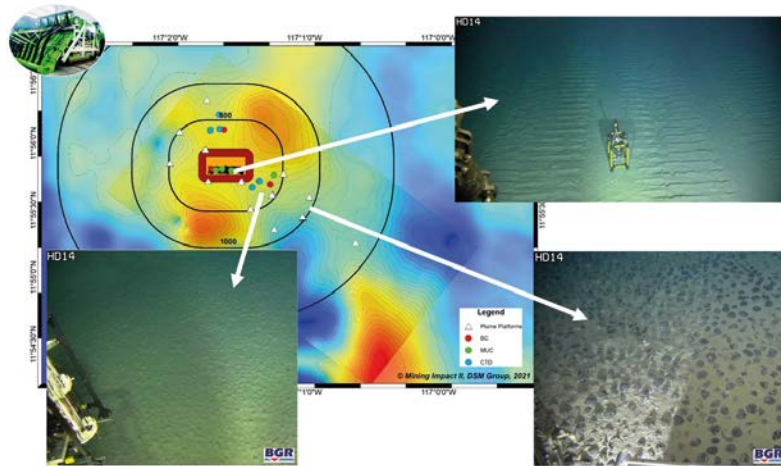


Abb. 3: BGR-Kollektortest-Gebiet (schwarzes Rechteck, ca. 3 Fußballfelder groß), umringt durch eine 100-m-breite Sicherheitszone (in rot). Punkte und Dreiecke zeigen Probenlokationen; Fotos sind exemplarisch für die unterschiedlichen physischen Auswirkungen auf dem Meeresboden direkt nach dem Test.

Durch die Fahrt wird ein weiterer wichtiger Meilenstein in der Bewertung der Umweltauswirkungen der Tests erreicht. Während in 2021 nur die direkten, eher physikalischen Auswirkungen wie Sedimentabtragung und Ausbreitung der Sedimentwolke untersucht wurden, stehen jetzt die längerfristigen Auswirkungen wie Veränderungen in der Faunenbesiedlung auf und im Sediment, in den biogeochemischen Funktionen, in den mikrobiellen Gemeinschaften und den Umsatzraten sowie dem benthischen Nahrungsnetz im Fokus. Innerhalb der beeinträchtigten Areale werden Stationen identifiziert und beprobt, die repräsentativ für Gradienten und Variabilität der Störung sind, insbesondere in Hinblick auf die unterschiedliche Mächtigkeit der aus den Partikelwolken nach und nach wieder abgelagerten Sedimentschicht.

Die BGR trägt während der Fahrt besonders zu den biogeochemischen Untersuchungen im bodennahen Meerwasser und im Sediment bei. Im Testgebiet werden sogenannte Passivsammler ausgesetzt, die Informationen zu Durchschnittskonzentrationen bioverfügbarer Spurenmetalle liefern. Die Beprobung des Oberflächensediments in den verschiedenen betroffenen Impact-Gebieten (Kollektortest-Gebiet, Ablagerungsgebiet der Suspensionswolke) und in den Referenzgebieten im Hinblick auf die Spurenmetall-Zusammensetzung des Porenwassers und die Mineralogie und chemische Zusammensetzung der Festphase wird wichtige Erkenntnisse zur Etablierung neuer Gleichgewichte zwischen reaktiven Phasen im Sediment (organisches Material, Oxid-Partikel) und Porenwasser und damit zu grundlegenden biogeochemischen Prozessen liefern (Abb. 5).

Eine weitere Explorationsfahrt der BGR, u. a. zum BGR Testareal im Explorationsgebiet der BGR, ist für das Frühjahr 2023 geplant, um weitere Proben und Daten für geochemische und biologische Analysen zum Zeitpunkt ca. 2 Jahre nach dem Test zu erheben.

Die Gesamtergebnisse aus den „MiningImpact“ und „NoduleMonitoring2“ Projekten werden zusammen mit den Explorationsdaten der BGR eine bessere Grundlage für die Abschätzung von Prozessen und Zeiträumen der Störungs- und Erholungsphasen schaffen, sowie über das Vermögen der Ökosysteme, sich auf Umweltstörungen einzustellen, anzupassen und gestörte Areale wiederzubesiedeln. Die Arbeiten liefern fundamentale Erkenntnisse zum wissenschaftlichen Verständnis von Tiefsee-Ökosystemen und damit für die Evaluierung, das Monitoring, die Entwicklung von zuverlässigen

Regelwerken und das Minimieren negativer Einflüsse eines möglichen zukünftigen Manganknollenabbaus in der CCZ.



Abb. 4: Forschungsschiff „SONNE“ im BGR Manganknollen-Explorationslizenzgebiet im November 2022. Ziel ist es, die Gebiete eines Kollektortests 1,5 Jahre nach den Eingriffen am Meeresboden erneut zu untersuchen (Foto: Tim Kalvelage).



Abb. 5: Beprobung von Oberflächensediment mittels Multicorer für geochemische und biologische Analysen während der Fahrt SO295 auf FS „SONNE“ in November 2022 (Foto: Tim Kalvelage).

FORTSETZUNG DER EXPLORATIONSARBEITEN DER BGR IM INDISCHEN OZEAN

Mit der BGR Fahrt INDEX2021 konnten die Explorationsarbeiten im deutschen Lizenzgebiet für polymetallische Sulfide im Indischen Ozean nach der von der Corona-Pandemie erzwungenen Unterbrechung wiederaufgenommen werden. In einem umfangreichen Arbeitsprogramm mit drei Fahrtabschnitten auf dem für die Expedition gecharterten holländischen Forschungsschiff PELAGIA kamen zwischen Oktober und Dezember 2021 zahlreiche geophysikalische und geologische Mess- und Probenahmegeräte sowie der kanadische Tauchroboter ROPOS (Abb. 6) zum Einsatz. Während aller drei Fahrtabschnitte wurden begleitend die Umweltuntersuchungen zur Biodiversität, Ozeanografie und zu biogeochemischen Sedimentationsprozessen im Bereich der Sulfidvorkommen weitergeführt. Das BGR-Personal wurde bei dieser Fahrt von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Hamburg, des GEOMAR, der Hafencity Universität Hamburg, der Firma Integrated Environmental Solutions (INES, eine Ausgründung des DZMB Senckenberg am Meer) und der Laurentian University unterstützt. Weiterhin nahmen am ersten Fahrtabschnitt jeweils ein Trainee aus Mauritius und aus Indien teil, die sich bei der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) für das Trainee-Programm beworben hatten. Die Ausbildung von Trainees aus Entwicklungsländern ist ein wichtiger Teil der vertraglichen Verpflichtungen der BGR gegenüber der IMB.

Auf dem ersten Fahrtabschnitt wurden geophysikalische Untersuchungen an den in 2019 entdeckten Sulfidvorkommen HUNA und PENUMBRA im Lizenzcluster 12 durchgeführt, um Informationen zu deren Verbreitung in der Fläche auch unter Sedimentbedeckung und in die Tiefe zu gewinnen. Während des dreiwöchigen Fahrtabschnitts kamen die Geräte GOLDEN EYE und VULCAN zur systematischen elektromagnetischen und magnetischen Vermessung der Vorkommen und ihrer Umgebung sowie eine Wärmestromlanze zum Einsatz. Mit zahlreichen weiteren mitlaufenden Sensoren wurde unter anderem auch die Meeresbodentopographie vermessen und hochauflösende Kameras erlaubten die detaillierte Beobachtung und Beschreibung der Megafauna am Meeresboden.

Der zweite Fahrtabschnitt war geologischen Arbeiten gewidmet, bei denen ein neuer Explorationsansatz bei der Suche nach Hydrothermalfeldern eingesetzt wurde. Auf der Basis der bisher erhobenen bathymetrischen, geologischen und geophysikalischen Daten wurde im Vorfeld der Fahrt ein sog. Mineral Potential Mapping durchgeführt. Mit Hilfe (geo)statistischer Methoden wurden auf diese Art und Weise Gebiete mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Massivsulfid-Vorkommen auskartiert, die anschließend während der Fahrt untersucht wurden. Die Detektion von Lokationen mit erhöhtem hydrothermalen Potenzial gelang ebenso wie die erste optische Kartierung des SOORAJ-Hydrothermalfeldes. Darüber hinaus wurden fünf Verankerungen am Meeresboden erfolgreich geborgen, gewartet und erneut ausgebracht, die verteilt über das ganze Lizenzgebiet zwei Jahre lang Proben und Daten zum vertikalen Partikelfluss (mittels Sedimentfallen), Strömungsgeschwindigkeiten und der Konzentration von Metallen im Meerwasser (mittels sog. DGT Passive Sampler) gesammelt hatten.

Schwerpunkte des dritten Fahrtabschnittes waren detaillierte Erkundungsarbeiten in den Clustern 4, 5 und 7 mit dem ferngesteuerten Tauchroboter (englisch ROV für Remotely Operated Vehicle) ROPOS sowie der erstmalige Einsatz des durch die BGR angeschafften Bohrgerätes ROCS an einem ROV. Dabei ging es darum, Erfahrungen im Umgang mit dem Bohrgerät ROCS zu sammeln. Es galt, die Zuverlässigkeit der einzelnen technischen Komponenten unter Tiefseebedingungen zu prüfen, die optimalen Einstellungen für das Bohren der unterschiedlichen Gesteine zu erarbeiten (Umdrehungsgeschwindigkeit, Gewicht auf dem Bohrkopf, Wasserspülrate, Bohrkopftyp etc.), Erkenntnisse über die möglichen Landepositionen zu sammeln und Erfahrungen zu gewinnen, welche Gesteine am Meeresboden mit ROCS überhaupt gebohrt werden können.

Mit dem Bohrgerät können pro Tauchgang vier 1-Meter lange Bohrkernproben videokontrolliert gewonnen werden. Es hat sich gezeigt, dass mit dem ROCS zuverlässig massive Sulfide erbohrt werden können (Abb. 7). Solange es dabei keinen Wechsel der mineralischen Zusammensetzung und Textur gab, wurden außergewöhnlich hohe Gewinnungsraten bis zu 80 % erreicht. Alterierte Gesteine konnten in begrenztem Umfang und mit deutlich geringerer Gewinnungsrate erbohrt werden. Niedrigtemperierte, hydrothermale Präzipitate (krustenartige Eisenoxide, verfestigte Silicium-reiche Sedimente) sowie hydrothermale Verwitterungsprodukte konnten mit ROCS in den meisten Versuchen nicht gewonnen werden. Gerade für die letztere Gesteinsklasse sind technische Verbesserungen bei den Kernrohren notwendig und möglich.



Abb. 6: Bergung des Tauchroboters ROPOS nach erfolgreichem Einsatz auf dem Forschungsschiff PELAGIA im Indischen Ozean.



Abb. 7: Bohrkernproben, die mit dem neuen Bohrgerät ROCS in einem Massivsulfidfeld des Lizenzgebietes gewonnen wurden.

VERLÄNGERUNG DER EXPLORATIONS-LIZENZ FÜR MANGANKNOLLEN UM WEITERE FÜNF JAHRE

Der Vertrag der BGR mit der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) zur Exploration von Manganknollen im deutschen Lizenzgebiet im Pazifik endete nach einer Explorationszeit von 15 Jahren am 18. Juli 2021. Da die wirtschaftlichen und regulatorischen Umstände zu dem Zeitpunkt noch keinen Abbau erlaubten, und die Exploration vor allem in Bezug auf Technologieentwicklung und Umweltfolgenforschung in der ersten Phase nicht abgeschlossen werden konnte, hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) bereits am 22. Dezember 2020 einen Antrag auf Verlängerung des Arbeitsplans zur Exploration von Manganknollen der BGR um fünf weitere Jahre gemäß §4 Meeresbodenbergbaugesetz – MbergG – nach einer erfolgreichen innerstaatlichen Prüfung und Befürwortung bei der IMB eingereicht. Der Antrag wurde Pandemie-bedingt erst am 06. Dezember 2021 durch den Rat der IMB genehmigt. Somit hat sich die Laufzeit der Explorationslizenz bis zum 18. Juli 2026 verlängert. Auch wenn bisher kein kommerzieller Tiefseebergbau stattfinden kann, so ist damit zu rechnen, dass nach Verabschiedung des „Mining Codes“ in 2023 oder 2024 die ersten Unternehmen bzw. Staaten mit der Gewinnung beginnen. Es macht deshalb Sinn, die vorhandene Spitzenposition hinsichtlich der Exploration des Lizenzgebietes weiter aufrecht zu erhalten: einerseits um die potentielle Rohstoffquelle weiter zu sichern und andererseits, um die natürlichen Umweltbedingungen und die möglichen Folgen von zukünftigen Abbautätigkeiten auf die Tiefseeökosysteme ausführlicher zu erforschen. In diesem Zusammenhang möchte die BGR auch Unternehmen, die Technologien in diesem Bereich entwickeln, die Möglichkeit bieten, im gut explorierten deutschen Lizenzgebiet unter Beachtung höchster Umweltstandards ihre Technologie zum Abbau oder zum Umweltmonitoring in kleinem Maßstab zu testen.



Neben dem ROV ROPOS kamen auf dem dritten Fahrtabschnitt erneut der BGR-eigene tiefgeschleppte Bathymetrieschlitten HOMESIDE und der Videoschlitten STROMER zum Einsatz.

Erneut mit dem Forschungsschiff PELAGIA und organisiert in drei Fahrtabschnitten werden die Explorationsarbeiten im deutschen Lizenzgebiet im Indischen Ozean auch im Herbst 2022 fortgesetzt. Die anstehende Rückgabe von 50 % der Lizenzflächen an die IMB im Mai 2026 gemäß Lizenzvertrag wirft ihre Schatten voraus und erfordert erhebliche Anstrengungen, um bis dahin die Grundlagen für eine umfassende Bewertung der Lizenzblöcke zu schaffen.

INTERNATIONALE MEERESBODENBEHÖRDE ERARBEITET ABBAUREGULARIEN

Der Rat der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) verhandelt derzeit den Entwurf der Regularien für den Abbau von mineralischen Rohstoffen in Meeresregionen jenseits nationaler Hoheitsbefugnisse (das "Gebiet"). Im Fokus steht dabei zunächst das Regelwerk für den Abbau von Manganknollen. Die Entwürfe dazu wurden von der Rechts- und Fachkommission (LTC) der IMB ausgearbeitet und dem Rat 2019 vorgelegt, nachdem zuvor ein längerer iterativer Entwicklungs- und Konsultationsprozess stattgefunden hatte. Dieser begann 2011, als die Delegation Fidschis den Rat aufforderte, Abbauregularien zu erarbeiten.

Nach einer Serie von Workshops und Stakeholder-Befragungen sowie der Anfertigung mehrerer Studien durch das Sekretariat hat die LTC dem Rat im Juli 2016 einen ersten und im August 2017 einen überarbeiteten zweiten Entwurf der Regularien vorgelegt. Im Anschluss an erneute Revisionen veröf-

fentlichte die LTC im Juli 2018 einen dritten Entwurf und im März 2019 die finale Version für die weitere Ausarbeitung durch den Rat¹. Die vier Entwürfe wurden jeweils einem Konsultationsprozess unterzogen, um allen Interessengruppen die Möglichkeit zur Kommentierung zu geben². Eines der Ergebnisse war, dass eine Reihe von Standards und Leitlinien zur konkreten Umsetzung der Abbauregularien parallel entwickelt und bis zur deren Verabschiedung eingeführt werden müssen. Um diese Aufgabe einzuleiten, fand im April 2019 im südafrikanischen Pretoria ein Workshop statt. Auf dessen Basis identifizierte die LTC zehn Standards und Leitlinien, die für die Verabschiedung der Abbauregularien prioritär behandelt werden sollten³.

Entsprechend hat die LTC im Jahr 2020 in virtuellen Sitzungen für folgende Standards und Leitlinien Entwürfe zur Konsultation durch alle Stakeholder erarbeitet und veröffentlicht⁴: (i) Erstellung und Bewertung eines Abbauantrags, (ii) Entwicklung und Anwendung von Umweltmanagementsystemen, (iii) Form und Berechnung einer Umweltleistungsgarantie, (iv) einen Katalog der durch die Kontraktoren vorzulegenden Umweltbasisdaten, (v) Umweltverträglichkeitsprüfungen, (vi) Umweltverträglichkeitserklärung, (vii) Umweltmanagement- und -überwachungsplan, (viii) Instrumente und Techniken zur Gefahrenermittlung und Risikobewertung, (ix) sicheres Management und sicherer Betrieb von Abbauschiffen und -anlagen und (x) Erstellung und Umsetzung von Notfall- und Krisenplänen.

Darüber hinaus hat das Sekretariat der IMB Studien und Berichte für die weitere Entwicklung der Regularien vorgelegt, die (i) Versicherungsfragen, (ii) den Umweltausgleichsfonds, (iii) die Zuständigkeiten der IMB und der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation (IMO), (iv) die Umweltleistungsgarantie, (v) die Fernüberwachung im Rahmen von Inspektionen, (vi) potenzielle Auswirkungen auf Rohstoffproduzenten aus Entwicklungsländern an Land und (vii) die Anwendung der Regularien der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) auf die Durchführung des Abbaus untersuchen⁵.

Da der Rat bei der weiteren Entwicklung der Regularien im Jahr 2019 zunächst nur langsam vorankam und von Februar 2020 bis Juli 2021 aufgrund der Corona-Pandemie nicht mehr mit persönlicher Teilnahme tagen konnte, verschob er das ursprüngliche Ziel, die Regularien bis zum Juli 2020 zu verabschieden, um drei Jahre. Im Juli 2023 endet dann auch die Zweijahresfrist, innerhalb derer die Regularien fertiggestellt werden müssen, nachdem der Inselstaat Nauru sich 2021 auf eine Bestimmung des Seerechts in Abschnitt 1 (15) (c) des Durchführungsabkommens von 1994 berufen und einen Abbauantrag des von Nauru beaufsichtigten Unternehmens Nauru Ocean Resources Inc. (NORI) angekündigt hat. Gelingt es der IMB nicht, die Abbauregelungen bis dahin zu verabschieden, können Unternehmen dennoch Abbauanträge stellen, die der Rat dann trotz nicht vorliegender Regularien zu prüfen hätte.

Bevor die Regularien verabschiedet werden können, sind außer dem Text des Regelwerks selbst sowie den Standards und Leitlinien noch offene Fragen zu folgenden umstrittenen Themen zu klären: (i) Finanzmechanismus, (ii) Verteilung der Gewinne der IMB aus dem Abbau, (iii) Inbetriebnahme der "Enterprise" und (iv) Ausgleichszahlungen an Entwicklungsländer aufgrund entgangener Gewinne aus dem Landbergbau durch den konkurrierenden Tiefseebergbau.

Die Art der Berechnung und Höhe der Abgaben (Finanzmechanismus), die aus einem zukünftigen Abbau an die IMB fließen sollen ist zurzeit einer der kontroversesten Diskussionspunkte. Für die Ausarbei-

1 ISBA/25/C/WP.1

2 Eine Zusammenstellung konkreter Formulierungsvorschläge der Ratsmitglieder enthält ISBA/26/C/CRP.1

3 ISBA/25/C/19/Add.1, Abs. 20-22 und Anhang

4 <https://www.isa.org.jm/mining-code/standards-and-guidelines>

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

tung der finanziellen Bedingungen eines Vertrags hat der Rat auf Vorschlag der deutschen Delegation 2019 eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die auf Basis eines Finanzmodell des Massachusetts Institute of Technology⁶ eine Einigung erzielen soll. Diese konnte jedoch auch nach weiterer Überarbeitung des Modells unter Berücksichtigung von Forderungen verschiedener Interessengruppen noch nicht erzielt werden. Strittig bleibt weiterhin, in welcher Form die Abgaben berechnet werden sollen, ob also beispielsweise die Gewinne besteuert oder alternativ der Metallwert der Knollen herangezogen wird oder ob beide Ansätze zusammengeführt werden. Auch die Höhe der Abgaben ist ein Streitpunkt. Insbesondere die afrikanischen Staaten leiten aus der Eigenschaft der Rohstoffe als „gemeinsames Erbe der Menschheit“ hohe Beteiligungsquoten ab. Die Industrieländer hingegen schlagen eine Gewinnbeteiligung vor, die in etwa der des Landbergbaus entspricht, unter Berücksichtigung des höheren wirtschaftlichen Risikos eines Abbaus in der Tiefsee aufgrund der bislang geringen technischen Erfahrungen aber zunächst geringfügig darüber liegen soll.

Zur Verteilung der Gewinne aus einem zukünftigen Tiefseebergbau hat die IMB eine Studie vorgelegt⁷, in der auf Basis mathematischer Berechnungen eine faire und gerechte Verteilung der Lizenzentnahmen untersucht wird. Als alternativer oder ergänzender Ansatz wird das Konzept eines Nachhaltigkeitsfonds für den Meeresboden vorgestellt. Ein globaler Fonds könnte für Investitionen in Human- und Sachkapital oder für die Tiefseeforschung und -erhaltung eingesetzt werden. Durch die Verbesserung des Wissens über die Tiefsee, die ein globales öffentliches Gut ist, könnte ein solcher Fonds das Konzept des gemeinsamen Erbes der Menschheit umsetzen.

Die Inbetriebnahme der "Enterprise", dem operativen Arm der IMB als autonomes Organ steht nach jahrelanger Inaktivität des Rates nun mit mehr Nachdruck seitens der Entwicklungsländer auf der Tagesordnung. Diese soll vor Verabschiedung der Regularien arbeitsfähig sein, da weitere Verzögerungen die Möglichkeiten und den Nutzen des Unternehmens in der Zukunft einschränken könnten. Entsprechend eines aktuellen Beschlusses des Rates soll so bald wie möglich ein Interims-Generaldirektor ernannt werden. Weiterhin müsste ein transparenter Rahmen für Joint Ventures entwickelt und Möglichkeiten zur Mobilisierung der erforderlichen Finanzmittel geprüft werden. Da eine Inbetriebnahme der Enterprise zunächst mit erheblichen zusätzlichen Kosten für die Mitgliedsstaaten verbunden ist, bis sich der Betrieb aus Abbaubgaben an die IMB decken lässt, und noch Fragen nach den konkreten Aufgaben des Generaldirektors bestehen, haben insbesondere die Industrieländer bislang nicht zugestimmt.

Laut Artikel 150 (h) des Seerechtsübereinkommens müssen Entwicklungsländer vor nachteiligen Auswirkungen auf ihre Wirtschaft oder ihre Ausfuhereinnahmen geschützt werden, soweit sie auf den Tätigkeiten im "Gebiet" zurückzuführen ist. Das Sekretariat der IMB hat eine Studie⁸ vorgelegt, die die potenziellen Auswirkungen der Rohstoffgewinnung aus der Tiefsee auf die Wirtschaft der in den Entwicklungsländern ansässigen Produzenten dieser Rohstoffe untersucht. Ob wirtschaftliche Auswirkungen zu erwarten sind, hängt vom zukünftigen weltweiten Metallbedarf und der Anzahl von Tiefseebergbau-Unternehmen sowie deren Produktionsraten ab. Bei mittleren angenommenen Wachstumsraten des Metallverbrauchs und nur bis zu sechs Produzenten im "Gebiet" sind laut Studie keine gravierenden Auswirkungen zu erwarten, möglicherweise mit Ausnahme für Mangan. Zum finanziellen Ausgleich der Entwicklungsländer muss die IMB einen Fonds mit Mitteln aus den Lizenzgebühren einrichten.

Um eine Verabschiedung der Abbauregularien bis Juli 2023 zu ermöglichen, hat der Rat seine Zusammenkünfte in 2022 auf drei Tagungen pro Jahr mit einer Dauer von jeweils zwei Wochen erhöht. Die-

6 <https://isa.org.jm/files/files/documents/Nodule%20Financial%20Payment%20System%20Report%20October%202020%20V3.pdf>

7 Equitable Sharing of Financial and other Economic Benefits from Deep-Seabed Mining (<https://www.isa.org.jm/node/20583>).

8 <https://www.isa.org.jm/files/documents/impactstudy.pdf>

DEUTSCHLAND WIRBT FÜR EINE „PRECAUTIONARY PAUSE“ BEIM TIEFSEEBERGBAU

Am Freitag, den 11.11.2022 ist der dritte und letzte Teil der diesjährigen, insgesamt sechs Wochen dauernden Verhandlungen über den Rechtsrahmen für einen zukünftigen Tiefseebergbau (den sog. „Mining Code“) im Rat der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) in Kingston, Jamaika, zu Ende gegangen. Zu Beginn dieses dritten Teils der Verhandlungen wurde eine Grundsatzerklärung der Bundesregierung zum Tiefseebergbau vorgetragen. Darin wurde erklärt, dass Deutschland bis auf Weiteres keine Abbau-



Ratssitzung der Internationalen Meeresbodenbehörde in Kingston, Jamaika in November 2022 (Foto: © IMB).

anträge von deutschen Unternehmen unterstützt, d. h. nicht als sogenannter „Sponsoring State“ zur Verfügung steht (ohne „sponsoring“ können deutsche Unternehmen keine Abbauanträge bei der IMB stellen). Zudem warb Deutschland für eine sogenannte „precautionary pause“ des Tiefseebergbaus bis hinreichende wissenschaftliche Erkenntnisse über die Umweltauswirkungen vorliegen. In diesem Zusammenhang sollen zudem die Erforschung der Tiefsee und der möglichen Auswirkungen eines Tiefseebergbaus auf die Umwelt verstärkt werden. Diese Positionierung wurde ergänzend am 01.11.2022 in einer gemeinsamen Presserklärung von BMWK und BMUV bekannt gegeben. Ein Handlungsdruck zur Fertigstellung des Mining Code ist entstanden, da der Inselstaat Nauru Mitte 2021 die im Seerecht verankerte sogenannte Zweijahresregel in Kraft gesetzt hat. Demnach soll der Rat nach Ablauf der Zweijahresfrist einen Abbauantrag vorläufig genehmigen, wenn der Rechtsrahmen für einen Tiefseebergbau nicht fertiggestellt ist. Nauru hat auf der Ratssitzung angekündigt, dass der Inselstaat keinen Abbauantrag vor Ende Juli 2023, d.h. nach der Ratssitzung vom 10.-21.07.2023, unterstützen wird.

Deutlich weiter als die deutsche ging die französische Positionierung zum Tiefseebergbau. Frankreichs Staatspräsident forderte auf der parallel stattfindenden COP27 ein vollständiges Verbot des Tiefseebergbaus. Diese Positionierung wurde von der französischen Delegation in der Ratssitzung vorgetragen. Viele Staaten und in seiner Abschlussrede auch der Generalsekretär der IMB äußerten jedoch Zweifel an der Vereinbarkeit der französischen Position mit dem Seerecht. In seiner Roadmap für 2023 hat der Rat der IMB am Ende der Verhandlungen dann auch eine Verabschiedung des Mining Code für die Sitzung im Juli 2023 vorgemerkt, sollte dieser dann bereits beschlussreif sein.

ser Rhythmus soll auch in 2023 beibehalten werden. Ein Großteil der Arbeit findet dabei in informellen Arbeitsgruppen statt. Zusätzlich zur bestehenden Arbeitsgruppe für die Finanzen wurden bereits in 2020 weitere Arbeitsgruppen zu folgenden drei thematischen Schwerpunkten der Abbauregularien eingerichtet: (i) Schutz und Erhalt der Meeresumwelt, (ii) Inspektion, Einhaltung und Durchsetzung und (iii) institutionelle Fragen einschließlich der Rolle und Zuständigkeiten der verschiedenen Organe der IMB, des Zeitplans, der Einbeziehung von unabhängigem Fachwissen und der Beteiligung von Interessengruppen. Bis Ende 2022 konnte durch dieses Format bereits ein erheblicher Fortschritt in den Verhandlungen der Entwürfe erzielt werden, wobei der Rat Absatz für Absatz und Wort für Wort den gesamten Text der bislang 107 Regularien, 12 Anhänge und 4 Anlagen diskutiert. Die Entwürfe werden nach der Überarbeitung erneut geprüft und gegebenenfalls weiterverhandelt, bis ein Konsens erreicht werden kann.

Wo stehen wir – abgesehen von der Erarbeitung der Regularien – zurzeit in Sachen Tiefseebergbau? Die technischen Schwierigkeiten werden zunehmend bewältigt. Die belgische Firma Global Sea Mineral Resources (GSR) hat im April und Mai 2021 erfolgreich einen Manganknollen-Kollektor im Maßstab 1:3 in ihrem eigenen Lizenzgebiet und dem der BGR getestet⁹. Mitte Oktober 2022 hat das Unternehmen NORI, eine in Nauru ansässige Tochter des kanadischen Unternehmens The Metals Company (TMC), gemeinsam mit dem schweizerischen Unternehmen Allseas einen erfolgreichen Test mit einem vollständigen Abbausystem bestehend aus Förderplattform, Förderstrang und Kollektor in rund vier Kilometer Wassertiefe im Pazifik durchgeführt¹⁰. Der Tiefseebergbau hat ein disruptives Potential: Ist die Technik einmal verfügbar, lassen sich Rohstoffe möglicherweise schneller gewinnen als im Landbergbau, der vieler Jahre Erschließungszeit bedarf.

Pläne für Tiefseebergbau gibt es deshalb auch in nationalen Gewässern. Die Cook-Inseln haben bereits vor einigen Jahren Regularien zur Erkundung erarbeitet und entsprechende Lizenzen vergeben¹¹, Norwegen führt derzeit eine Umweltverträglichkeitsprüfung bezüglich des zukünftigen Abbaus von Massivsulfiden und Krusten durch¹². Japan verfügt ebenfalls über Massivsulfidvorkommen in seinen Hoheitsgewässern und hat 2017 im Okinawa-Trog einen erfolgreichen Abbaustest unternommen¹³. In nationalen Gewässern finden die Abbauregularien der IMB zwar keine Anwendung, nach dem Seerechtsübereinkommen dürfen nationale Regelungen zum Tiefseebergbau jedoch nicht hinter dem Umweltschutzniveau des Mining Code zurückbleiben. Auch deshalb ist weiterhin eine zügige Erarbeitung der Abbauregularien notwendig.

GEWINNUNG VON WERTMETALLEN AUS MARINEN ERZEN – STATUS QUO

Seit dem letzten BGR Newsletter-Beitrag zur Aufbereitung mariner Erze in 2019 sind einige Projekte weiter vorangeschritten und es wurden neue Ansätze zur Gewinnung der Wertmetalle aus Massivsulfiden und Manganknollen untersucht. So wird zum einen der mit dem Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling (IME) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen entwickelte „Zero-Waste“-Prozess derzeit in einem größeren Maßstab, mit 11 Tonnen Manganknollen, durchgeführt. In Laborexperimenten wurde zudem die simultane Laugung von Tiefsee-Massivsulfiden mit Manganknollen in Schwefelsäure untersucht. Und in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (TUBAF) wird im kommenden Jahr ein Prozessschema zur Aufbereitung von Manganknollen per Feststoffchlorierung entwickelt. Verschiedene Ansätze mit demselben Ziel: Die in den Tiefsee-Erzen enthaltenen Metalle für uns möglichst umweltverträglich zugänglich zu machen. Im Folgenden werden die Projekte näher vorgestellt.

9 <https://www.deme-group.com/news/metal-rich-nodules-collected-seabed-during-important-technology-trial>

10 <https://investors.metals.co/news-releases/news-release-details/nori-and-allseas-lift-over-3000-tonnes-polymetallic-nodules>

11 <https://www.sbma.gov.ck/>

12 <https://www.npd.no/en/facts/seabed-minerals/>

13 <https://www.springerprofessional.de/en/mining-and-processing-of-seafloor-massive-sulfides-experiences-a/20029858>

„Zero-Waste“ pyrometallurgische Aufbereitung von Manganknollen

Basierend auf dem in den 1970er Jahren entwickelten „INCO“-Prozess, bei dem bereits die pyrometallurgische Trennung der Wertmetalle (u. A. Nickel, Kupfer und Kobalt) vom Mangan erfolgreich durchgeführt wurde, setzt der „Zero-Waste“ Prozess an der verbleibenden manganreichen Schlacke an, um aus ihr weitere verwertbare Produkte zu gewinnen (siehe Abb. 8). Im ersten Schmelzschrift werden die Knollen in einem Lichtbogenofen, unter Zugabe von Fluss- und Reduktionsmitteln (Quarzsand/SiO₂, Branntkalk/CaO und Koks), auf etwa 1.400°C erhitzt, um die Wertmetalle vom Mangan und Teile des in den Knollen enthaltenen Eisens zu trennen. Der noch sehr hohe Eisenanteil in der gewonnenen Metalllegierung wird in einem Drehrohrofen durch das Einblasen von Sauerstoff reduziert. Durch Zugabe von Schwefel werden die Metalle in Metallsulfide überführt, welche sich dann hydrometallurgisch voneinander trennen lassen.

Die verbleibende Schlacke aus dem ersten Schmelzschrift wird in einem zweiten Schmelzschrift bis auf etwa 1.500°C erhitzt. Hierbei entsteht eine Ferromanganlegierung, die als Zusatzstoff in der Stahlherstellung verwendet werden kann. Die verbleibende Schlacke nach diesem zweiten Schmelzschrift besteht noch immer aus bis zu 50 % Mangan. Sie wird anschließend unter weiterer Zugabe von Sand in einem dritten Schmelzschrift auf ~1650°C erhitzt, um Silicomangan zu gewinnen, das ebenfalls in der Stahlindustrie verwendet werden kann. Nach diesem letzten Schmelzschrift verbleibt eine Schlacke, die frei von Wert- und Schwermetallen ist und hauptsächlich aus SiO₂ und CaO besteht. Dieser Rück-

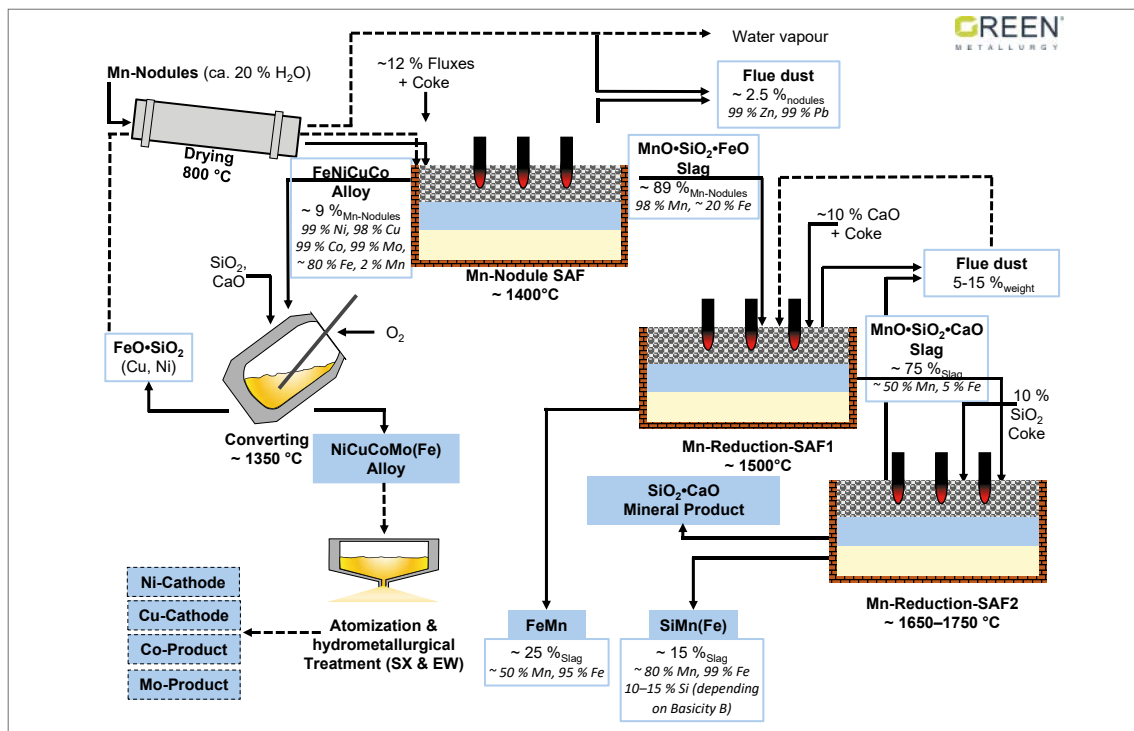


Abb. 8: Prozessschema des „Zero-Waste“ Verfahrens zur pyrometallurgischen Aufbereitung von Manganknollen. SAF = Submerged Arc Furnace, dt. Lichtbogenofen; SX = Solvent Extraction, selektive Extrahierung einzelner Produkte aus einer Lösung; EW = Electro Winning, Elektrochemisches Verfahren zur Herstellung von Metallkathoden (SOMMERFELD et al. 2018¹⁴).

14 SOMMERFELD, M., FRIEDMANN, D., KUHN, T., FRIEDRICH, B., 2018. "Zero-Waste": A Sustainable Approach on Pyrometallurgical Processing of Manganese Nodule Slags. Minerals 8 (12), 544.

NEUES BIOLOGISCHES WISSEN ZUSAMMENGEFASST IN DER MARINE BIODIVERSITY (SPRINGER) SONDERAUSGABE „BIODIVERSITY IN ABYSSAL POLYMETALLIC NODULE AREAS“ (2022/2023)

Manganknollen enthalten Metalle wie Kobalt, Nickel und Kupfer und sind eine wichtige potenzielle künftige Quelle zur Deckung der globalen Nachfrage nach diesen Metallen. Allerdings ist relativ wenig über die Artenzusammensetzung, die geographische Verbreitung der Arten oder die genetische Konnektivität der Tiefsee-Gemeinschaften in Knollengebieten bekannt. Darüber hinaus ist ein sehr hoher Anteil der vorkommenden Arten für die Wissenschaft neu. Die Themensammlung "Biodiversity in Abyssal Polymetallic Nodule Areas" von Marine Biodiversity (Eds. S. Kaiser, T. Horton & N. Sánchez) zielt darauf ab, das kollektive Wissen über die biologische Vielfalt in diesen Regionen zu einem Zeitpunkt zu sammeln und zusammenzufassen, zu dem der Tiefseebergbau noch nicht begonnen hat. In dieser thematischen Sammlung werden Beiträge zur Überarbeitung der Taxonomie und zur Beschreibung von Arten, zur genetischen Konnektivität, zur Verbreitung der Artengemeinschaften, sowie zu möglichen Auswirkungen des Bergbaus auf die Lebewesen und ihr Erholungspotenzial nach dem Abbau publiziert. Sieben Beiträge der Sonderausgabe wurden bereits in 2022 publiziert bzw. wurden zur Publikation akzeptiert und weitere fünf sind zur Publikation eingereicht worden, davon insgesamt neun mit BGR-Beteiligung bzw. mit Daten aus dem BGR-Lizenzgebiet. Weitere Beiträge können noch bis zum Ende des laufenden Jahres eingereicht werden. Wir können gespannt sein auf die Vielfalt an biologischen Informationen, die wir bald auf diesem Wege zur Verfügung gestellt bekommen!

Für Publikationen und den aktuellen Status der Sonderausgabe, siehe: <https://link.springer.com/collections/efjejgcdc>



Fotos von oben links in Uhrzeigersinn: Seeanemone (© GEOMAR); Fadenwurm (Foto: Ravail Singh (SGN/CSIR, India)); See gurke (© GEOMAR); Assel (Foto: Terue C. Kihara (INES UG)); Manganknolle (Foto: Stefanie Kaiser (SGN)).

stand kann dann zum Beispiel als Schotter im Straßenbau oder als Klinker bei der Herstellung von Zement verwendet werden, oder als Zusatz in verschiedenen Zementarten dienen.

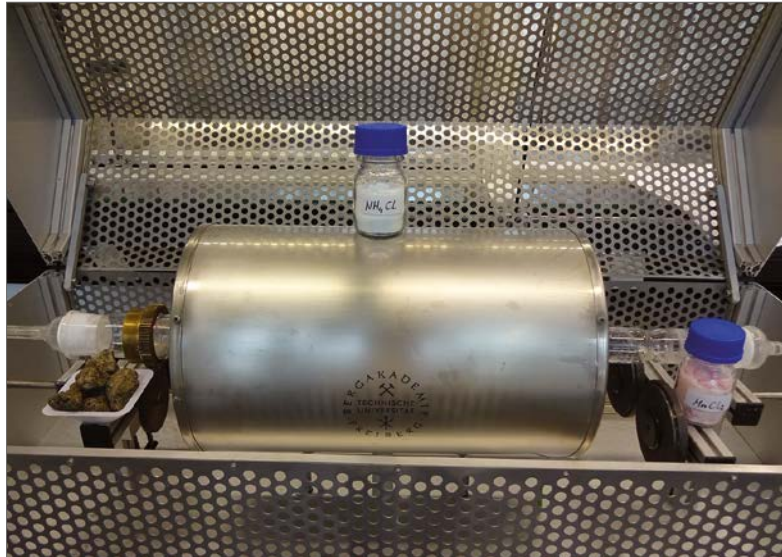
Ein Vorteil dieses Prozesses ist die Nutzung etablierter Verfahren, weshalb Manganerz-verarbeitende Betriebe nur geringe Anpassungen durchführen müssten und somit bestehende Infrastruktur zum Teil genutzt werden kann. Zudem kommt der Prozess durch die Verwendung von Sand, Branntkalk und Koks mit vergleichsweise günstigen Fluss- und Reduktionsmitteln aus, wodurch die Prozesskosten niedrig sind. Ein Nachteil ist der hohe Energiebedarf bedingt durch die Schmelztemperaturen die erreicht werden müssen und somit der hohe CO₂-Fußabdruck, bedingt durch die Nutzung von Koks als Reduktionsmittel. Wie bei vielen pyrometallurgischen Anwendungen gibt es auch hier einen Hoffnungsträger, der den CO₂-Fußabdruck des Prozesses womöglich verringern kann: Wasserstoff. Erste Untersuchungen zur Reduktion von Manganknollen mit Wasserstoff sind bereits angelaufen.

Simultane Laugung von Massivsulfiden und Manganknollen in Schwefelsäure

Hydrometallurgische Verfahren zur Aufbereitung von Manganknollen wurden bereits in der Vergangenheit untersucht und aufgrund des hohen Wassergehaltes der Knollen als nicht wirtschaftlich betrachtet, da ein erhöhter Einsatz von Chemikalien nötig ist. Neuere Ansätze machen diesen Weg wieder interessant, da viele hydrometallurgische Verfahren, im Gegensatz zur Pyrometallurgie, mit moderaten Temperaturen arbeiten. Ein Ansatz ist die Nutzung von Eisen-Verbindungen als Reduktionsmittel der Mangan-Verbindungen in einer Säurelösung: KOWALCZUK et al. (2019)¹⁵ zeigten, dass sich die Wertmetalle aus den Knollen lösen lassen, durch die Laugung eines Gemisches pulverisierter Knollen und Pyrit (FeS_2), in niedrig konzentrierter Schwefelsäure (H_2SO_4), unter Zugabe von Natriumchlorid. Experimente in der BGR bestätigten diese Ergebnisse: Bei 80°C wurden nach 3 Stunden über 85 % des in den Knollen enthaltenen Kupfers, Nickels und Kobalts gelöst. Weitere Versuche sollen die Effektivität des Prozesses bei der Nutzung von natürlich vorkommenden Pyrit aus Massivsulfiden zeigen. Außerdem soll der Prozess ohne Zugabe von Natriumchlorid untersucht werden, da hierbei Gase entstehen können, die bei einer späteren industriellen Anwendung zu Problemen führen können.

Feststoffchlorierung an Manganknollen – Die Antwort auf CO_2 -Intensive Aufbereitungsmethoden?

Die Chlorierung ist ebenfalls ein übliches Verfahren zur Aufbereitung einiger Erze. Chlor wird dabei in verschiedener Form (zum Beispiel als Chlorgas oder Salzsäure – HCl) mit den Erzen vermischt um diese aufzulösen und Metallchloride zu bilden. Das Verfahren der Feststoffchlorierung ist ebenfalls schon länger bekannt, wurde aber erst in den letzten Jahren soweit verbessert, dass es eine wirtschaftliche Alternative zu anderen Verfahren bildet (LORENZ UND BERTAU 2018¹⁶). Bei der Feststoffchlorierung wird kristallines Ammoniumchlorid (NH_4Cl) verwendet. Dabei handelt es sich um ein Nebenprodukt des Solvay-Verfahrens zur Herstellung von Natriumkarbonat. Bekannt unter den Namen „Salmiak“ ist es Namensgeber für die Lakritze, denen Ammoniumchlorid hinzugegeben wird, den Salmiakpastillen.



Für das Verfahren werden die Knollen zunächst zerkleinert und anschließend mit

Abb. 9: Innerhalb des Drehrohrofens findet der Vorgang der Feststoffchlorierung statt. Links zu sehen sind die Manganknollen, oben das kristalline Ammoniumchlorid und rechts Mangan(II)-Chlorid, hergestellt durch den Prozess (Foto © TUBAF).

15 KOWALCZUK, PRZEMYSŁAW & BOUZHAAH, HASSAN & KLEIV, ROLF & AASLY, KURT. (2019). Simultaneous Leaching of Seafloor Massive Sulfides and Polymetallic Nodules. Minerals. 9. 482. 10.3390/min9080482.

16 LORENZ, T., BERTAU, M., 2018. Innovatives Recycling Seltener Erden durch Feststoffchlorierung. Chemie in unserer Zeit 52 (5), 314–320. DOI: 10.1002/ciuz.201800841.

dem Ammoniumchlorid vermischt. In einem Drehrohrofen (Abb. 9) wird diese Mischung nun auf 325°C erhitzt. Beim Erhitzen zerfällt das NH_4Cl zu Ammoniak (NH_3) und Chlorwasserstoff (HCl). In dieser entstandenen Atmosphäre findet nun die Chlorierung statt: Die Minerale werden aufgebrochen und die darin enthaltenen Metalle verbinden sich zu Metallchloriden. Nach einer festgelegten Zeit wird alles abgekühlt, wobei wiederum verschiedene Prozesse ablaufen: Überschüssiger Chlorwasserstoff kann sich wieder mit dem Ammoniak zu Ammoniumchlorid verbinden. Was anschließend noch an Ammoniak übrig bleibt, kann aus dem ablaufenden Gasstrom herausgewaschen werden. Dadurch entsteht eine hochreine Ammoniaklösung, die Düngemittelstandards erfüllt und somit als Nebenprodukt bei diesem Prozess anfällt. Das verbleibende Ammoniumchlorid kann ebenfalls herausgefiltert werden und somit zum Beginn des Prozesses erneut zugeführt werden. Die verbleibende Lösung mit den Metallchloriden wird in eine Pufferlösung überführt, aus der nachfolgend die Metalle voneinander getrennt werden.

Insgesamt entstehen bei diesen Prozessschritten keine giftigen Abwässer, wie es bei vielen hydrometallurgischen Verfahren der Fall ist. Wenn man zudem noch die nötige Temperatur von rund 300°C mit pyrometallurgischen Verfahren vergleicht, ergibt sich ein weiterer positiver Faktor. Das Verfahren wird erfolgreich auf Altmagneten angewendet und ein Vorversuch an Manganknollen zeigte die generelle Eignung des Verfahrens zur Freilegung von den in den Knollen enthaltenen Metallen. In 2023 soll in einem Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der TUBAF der gesamte Prozessweg von der Zerkleinerung der Knollen, bis hin zu Extraktion der einzelnen Metalle evaluiert, sowie eine Wirtschaftlichkeits- und Umweltbilanz gezogen werden.

Internationaler Vergleich – Was geschieht außerhalb Deutschlands?

Mit dem Voranschreiten der Explorationsbemühungen tritt das Thema der Aufbereitung der Knollen immer mehr in den Fokus der verschiedenen Lizenznehmer. Obwohl einige Projekte an öffentlichen Forschungseinrichtungen durchgeführt werden und die Ergebnisse der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, bleibt die Mehrheit der Projekte unter Verschluss. Anhand der öffentlich zugänglichen Informationen ist es aber möglich, zumindest folgende Aussage zu treffen: Die Projekte basieren in der Regel auf etablierten Verfahren, mit dem Ziel diese umweltschonender zu gestalten. Es werden aber auch zunehmend Ansätze untersucht, die in der Industrie noch keine weite Verbreitung haben, wie zum Beispiel die zuvor vorgestellte simultane Laugung von Pyrit und Manganknollen und die Feststoffchlorierung. Aber auch andere Methoden, zum Beispiel Biolaugung, also die Freilegung der Wertmetalle durch mikrobielle Prozesse werden zunehmend untersucht. Durch den Anspruch, diese neuen Erztypen möglichst umweltschonend zu fördern und aufzubereiten, ist es nicht auszuschließen, dass sich durch die intensive Forschung neue Standards etablieren, die sich auch auf bestehende Prozesse auswirken.

TERMINE • TAGUNGEN • WORKSHOPS

23.11.22 – 25.11.22: ISA workshop on Enhancing Genetic Approaches to Advance Deep-Sea Taxonomy (Seocheon, Republic of Korea + Hybrid)

29.11.22 – 01.12.22: IMB Inception workshop of the Sustainable Seabed Knowledge Initiative (SSKI) (Seocheon, Republic of Korea + Hybrid)

16.03.23 – 31.03.23: IMB Rats-sitzung (Kingston, Jamaika)

23.04.23 – 28.04.23: EGU General Assembly 2023 (Wien, Österreich)

10.07.23 – 21.07.23: IMB Rats-sitzung (Kingston, Jamaika)

09.07.23 – 14.07.23: Goldschmidt Konferenz (Lyon, Frankreich)

24.07.23 – 28.07.23: IMB Ver-sammlung (Kingston, Jamaika)

**03.09.23 – 08.09.23: GeoBer-
lin 2023 (Berlin)! 150. Jah-
restag** der Gründung der Preußischen Geologischen Landesanstalt, der heutigen BGR, und 175. Jahrestag der Gründung der Deutschen Geo-logischen Gesellschaft – Geo-logischen Vereinigung (DGGV)!

Oktober 2023: Underwater Mining Conference (UMC) (Rotterdam, Niederlande)

30.10.23 – 08.11.23: IMB Rats-sitzung (Kingston, Jamaika)

VERÖFFENTLICHUNGEN MIT BGR-BETEILIGUNG

CHRISTODOULOU, M., DE GRAVE, S., VINK, A., MARTINEZ ARBIZU, P., 2022. Taxonomic assessment of deep-sea decapod crustaceans collected from polymetallic nodule fields of the East Pacific Ocean using an integrative approach. *Marine Biodiversity* 52, 61, <https://doi.org/10.1007/s12526-022-01284-2>.

HAALBOOM, S., SCHOENING, T., URBAN, P., GAZIS, I.-Z., DE STIGTER, H., GILLARD, B., BAEYE, M., HOLLSTEIN, M., PURKIANI, K., REICHART, G.-J., THOMSEN, L., HAECKEL, M., VINK, A., GREINERT, J., 2022. Monitoring of Anthropogenic Sediment Plumes in the Clarion-Clipperton Zone, NE Equatorial Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science* 9, 882155, <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.882155>.

PIETEREK, B., CIAZELA, J., BOULANGER, M., LAZAROV, M., WEGORZEWSKI, A.V., PANCZYK, M., STRAUSS, H., DICK, H.J.B., MUSZYNSKI, A., KOEPKE, J., KUHN, T., CZUPYT, Z., FRANCE, L. 2022. Sulfide enrichment along igneous layer boundaries in the lower oceanic crust: IODP Hole U1473A, Atlantis Bank, Southwest Indian Ridge. *Geochimica Cosmochimica Acta* 320, 179-206, <http://doi.org/10.1016/j.gca.2022.01.004>.

PURKIANI, K., HAECKEL, M., HAALBOOM, S., SCHMIDT, K., URBAN, P., GAZIS, I., DE STIGTER, H., PAUL, A., WALTER, M., VINK, A., 2022. Impact of a long-lived anticyclonic mesoscale eddy on seawater anomalies in the northeastern tropical Pacific Ocean: a composite analysis from hydrographic measurements, sea level altimetry data, and reanalysis model products. *Ocean Science* 18, 1163-1181, <https://doi.org/10.5194/os-18-1163-2022>.

SÁNCHEZ, N., GONZÁLEZ-CASARRUBIOS, A., CEPEDA, D., KHODAMI, S., PARDOS, F., VINK, A., MARTÍNEZ ARBIZU, P., 2022. Diversity and distribution of Kinorhyncha in abyssal polymetallic nodule areas of the Clarion-Clipperton Fracture Zone and the Peru Basin, East Pacific Ocean, with the description

of three new species and notes on their intraspecific variation. *Marine Biodiversity* 52, 52, <https://doi.org/10.1007/s12526-022-01279-z>.

SCHMIDT, K., PAUL, S.A.L., ACHTERBERG, E.P., 2022. Assessing the availability of trace metals including rare earth elements in deep ocean waters of the Clarion Clipperton Zone, NE Pacific: Application of an in situ DGT passive sampling method. *Trends in Analytical Chemistry* 155, 116657, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116657>.

THIEL, R., CHRISTODOULOU, M., POGONOSKI, J., APPELYARD, S.A., WEDDEHAGE, T., VINK, A., UHLENKOTT, K., MARTINEZ ARBIZU, P., 2022. An application of morphological analysis and DNA barcoding to identify Ipnops from the Clarion-Clipperton Zone (CCZ) as *I. meadi* Nielsen, 1966 with notes on other species of the genus (Aulopiformes: Ipnopidae). *Marine Biodiversity* 52, 68, <https://doi.org/10.1007/s12526-022-01320-1>

UHLENKOTT, K., SIMON-LLEDÓ, E., VINK, A., MARTÍNEZ ARBIZU, P., 2022. Investigating the benthic megafauna in the eastern Clarion Clipperton Fracture Zone (NE Pacific) based on distribution models predicted with random forest. *Scientific Reports* 12, 8229, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12323-0>.

VAN DOORN, E., LAUGESEN, J., HAECKEL, M., MESTRE, N., SKJERET, F., VINK, A., 2022. Risk assessment for deep-seabed mining. In: Sharma, R. (Ed), *Perspectives on Deep-Sea Mining*, Springer, 497-526.

GERDES, K., MARTINEZ ARBIZU, P., GOODAY, A.J., KUHN, T., KIHARA, T.C., 2021. Discovery of Paleodictyon in the Indian Ocean. *Marine Biodiversity* 51, 98, <https://doi.org/10.1007/s12526-021-01231-7>.

GOLLNER, S., HAECKEL, M., JANSSEN, F., LEFAIBLE, N., MOLARI, M., PAPADOPOULOU, S., REICHART, G.-J., ALEXANDRE, J.T., VINK, A., VANREUSEL, A., 2021. Restoration experiments in polymetallic nodule areas. *Integrated Environmental Assessment and Management* 18(3), 682-696, <https://doi.org/10.1002/ieam.4541>.

HÖFKEN, A., VON DOBENECK, T., KUHN, T., KASTEN, S., 2021. Impact of upward oxygen diffusion from the oceanic crust on the magnetostratigraphy and iron biomineralization of East Pacific Ridge - flank sediments. *Frontiers in Earth Science* 9, 689931, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.689931>.

IMPRESSUM

Herausgeber:

© **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Dezember 2022**

B1.4 Marine Rohstofferkundung
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Stilleweg 2 • 30655 Hannover
E-Mail: marine-rohstoffe@bgr.de
www.bgr.bund.de