

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 92 (2022)

Artikel: Was sind eigentlich Ressourcen? : Oder: die wechselvolle Geschichte der Manganknollen 1873-2021
Autor: Sparenberg, Ole
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1007773>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

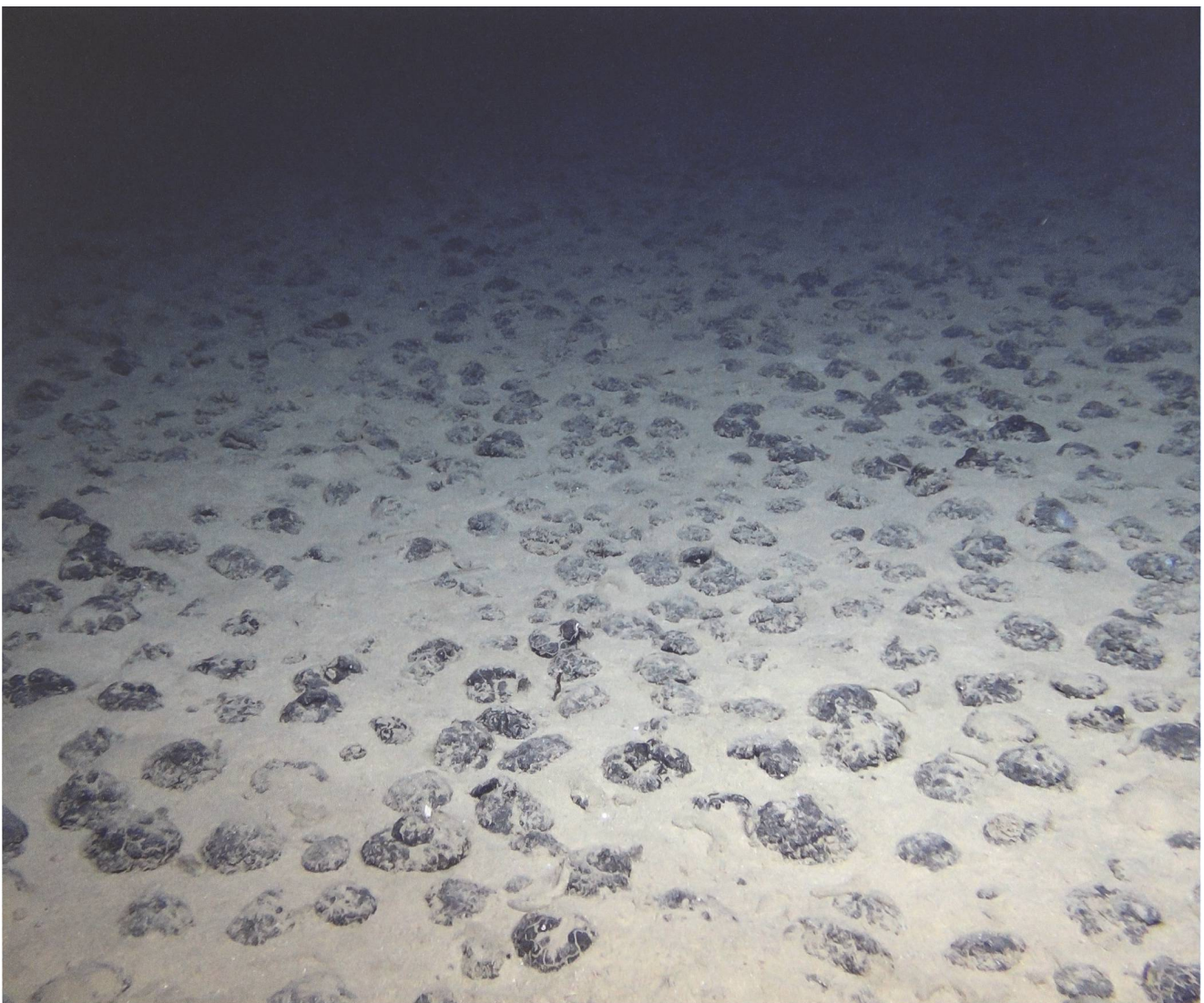
Was sind eigentlich Ressourcen?

Oder: die wechselvolle Geschichte
der Manganknollen, 1873–2021

Ole Sparenberg

Am Beispiel der Manganknollen analysiert der Artikel, was einen Stoff zu einer Ressource macht. Es wird gezeigt, dass der Ressourcencharakter keine Eigenschaft eines Stoffes an sich ist, sondern wesentlich von Rahmenbedingungen innerhalb der Gesellschaft abhängt, die den Stoff als Ressource betrachtet. Manganknollen wurden bereits im späten 19. Jahrhundert in der Tiefsee entdeckt, aber diese metallhaltigen Mineralien galten erst ab den 1950er-Jahren als potenzielle Ressource. Ihr Abbau schien Ende der 1970er-Jahre kurz bevorzustehen, bevor das wirtschaftliche Interesse an den Manganknollen wieder schwand, jedoch im 21. Jahrhundert erneut auflebte, ohne dass bis heute eine kommerzielle Nutzung stattgefunden hat. Wechselnde ökonomische, politische und rechtliche Faktoren sowie die sich verändernde gesellschaftliche Bewertung der Umweltverträglichkeit erklären diese Entwicklung. Die Ressourcenwerdung eines Stoffes erweist sich so als ein offener und auch reversibler Prozess.

Fragen des Ressourcenverbrauchs, von Ressourcenkonflikten und der Erschöpfung von Ressourcen werden viel diskutiert, insbesondere wenn die Weltmarktpreise für wichtige Ressourcen wieder einmal steigen. Weniger klar ist in solchen Diskussionen, was eigentlich Ressourcen – im Folgenden stets im Sinne von mineralischen Rohstoffen verstanden – sind beziehungsweise was eine Substanz zu einer Ressource macht. Ziel dieses Artikels ist es, darzulegen, dass der Ressourcencharakter keine Eigenschaft eines Stoffes an sich ist, sondern vielmehr von einer Vielzahl von Faktoren abhängt. Solche Faktoren liegen zum Teil in der Natur des entsprechenden Stoffes oder in der Art seines geologischen Vorkommens, sind zum Teil aber auch völlig unabhängig davon. Dies wird gezeigt am Beispiel der Manganknollen, mineralischer Objekte am Ozeanboden, die seit etwa sechzig Jahren Gegenstand von Plänen zum Tiefseebergbau sind, aber bis heute nicht kommerziell genutzt werden. Zugleich werden die in diesem Fall relevanten Faktoren für die Ressourcenwerdung herausgearbeitet. Grundlegend für die Frage nach Ressourcen ist die funktionale Theorie des deutsch-amerikanischen Ökonomen Erich W. Zimmermann (1888–1961). Zimmermann schrieb 1933 in der ersten Auflage von «World Resources and Industries»:



1 Manganknollen auf dem Meeresboden in der Clarion-Clipperton-Zone im April 2015.

«Previous to the emergence of man, the earth was replete with fertile soil, with trees and edible fruits, with rivers and waterfalls, with coalbeds, oil pools and mineral deposits; the forces of gravitation, of electro-magnetism, of radio-activity were there; the sun sent forth his life-bringing rays, gathered the clouds, raised the winds; but there were no resources. A man-less universe is void of resources; for resources are inseparable from man and his wants. They are the environment in the service of man. Usefulness to man, capacity to satisfy human wants, stamps environmental aspects as resources.»¹

Daraus folgt, dass Stoffe in Abhängigkeit der sich ändernden menschlichen Bedürfnisse und Fähigkeiten einen Ressourcencharakter annehmen und ihn wieder verlieren können.

Zimmermann bezieht den Ressourcenbegriff somit nicht auf bestimmte Stoffe und ihre natürlichen Eigenschaften, sondern macht ihn abhängig von der Funktion, nämlich

der Deckung menschlicher Bedürfnisse, die sie erfüllen. Daraus folgt, dass Stoffe in Abhängigkeit der sich ändernden menschlichen Bedürfnisse und Fähigkeiten einen Ressourcencharakter annehmen und ihn wieder verlieren können. Zimmermann spricht in diesem Zusammenhang von der Schaffung und Zerstörung von Ressourcen durch technische und wirtschaftliche Entwicklungen; so führte die Herstellung von Teerfarben im 19. Jahrhundert dazu, dass die Indigopflanze ihren Charakter als Ressource weitgehend verlor.² Ein wichtiges Beispiel bilden die fossilen Brennstoffe: Steinkohle war der Menschheit lange bekannt, wurde aber abgesehen von sporadischen und lokalen Nutzungen erst seit der Industriellen Revolution als Folge veränderter Bedürfnisse und technischer Fähigkeiten zu einer Ressource von schliesslich zentraler Bedeutung.³ Von den 1950er-Jahren an verlor jedoch die westeuropäische Steinkohle ihre Abbauwürdigkeit und damit den Status einer Ressource wieder, weil die Volkswirtschaften ihren Energiebedarf zunehmend über Erdöl und Erdgas deckten.⁴

Natürliche Ressourcen sind somit nicht unveränderlich und bei genauer Betrachtung nicht natürlich.⁵ Oder sie besitzen zumindest einen hybriden Charakter, da es sich bei Ressourcen um eine kulturelle Kategorie handelt,



2 Manganknollen bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

in die Gesellschaften solche Elemente ihrer Umwelt einordnen, die sie als nützlich betrachten, wie der britische Geograf Gavin Bridge betont und daher den Schluss zieht: «Thus, the fact that something – whales, tar sands, genetic diversity – is regarded as a resource (or not) tells us rather more about a society than it does about the substance itself.»⁶ Der Wandel der Ressourcennutzung ist somit immer materieller und sozialer Wandel und daher müssen beide Aspekte gemeinsam untersucht werden.⁷ Die Analyse der Ressourcenwerdung eines Stoffes erfordert die Berücksichtigung seiner physischen Eigenschaften und seiner Lage, aber ebenso der Gesellschaft, für die der Stoff eine Ressource darstellt. Hierzu zählen die technischen Fähigkeiten, ökonomische Faktoren einschliesslich der Verfügbarkeit von Substituten, der Wissensstand sowie rechtliche, politische und kulturelle Faktoren jeweils unter Berücksichtigung ihrer Veränderungen im Zeitablauf. Am Beispiel der Manganknollen lassen sich diese Faktoren der Ressourcenwerdung seit dem späten 19. Jahrhundert bis heute darstellen. Da bis heute kein kommerzieller Tiefseebergbau nach Manganknollen stattgefunden hat, macht dieser Fall zugleich deutlich, dass es sich um einen offenen und auch reversiblen Prozess handelt.

Eine kurze Geschichte der Manganknollen

Manganknollen sind mineralische Objekte von meistens 1 bis 12 Zentimeter Durchmesser, schwärzlich-brauner Farbe und unregelmässiger, mehr oder weniger kartoffel- oder brombeerartiger Form.⁸ Sie bestehen aus Mangan- und Eisenoxiden sowie einer Reihe weiterer Metallverbindungen, die sich um einen Kristallisationskern anlagern. Das Wachstum der Knollen ist ein langsamer geologischer Vorgang, der mit einer Geschwindigkeit von wenigen Millimetern pro eine Million Jahre abläuft. Daher sind langfristig sehr stabile Umweltverhältnisse eine Voraussetzung für das Auftreten von Manganknollen. Solche Bedingungen sind in der Tiefsee in circa 3,5 bis 6 Kilometern Wassertiefe gegeben, wo Manganknollen über weite Strecken

Metallgehalte in Manganknollen aus der CCZ

Mangan (%)	28,4
Nickel (%)	1,3
Kupfer (%)	1,1
Kobalt (%)	0,21
Titan (%)	0,28
Molybdän (ppm)	590
Lithium (ppm)	131
Seltenerdmetalle einschliesslich Yttrium (ppm)	813

3 Durchschnittliche Metallgehalte in Manganknollen aus der Clarion-Clipperton-Zone.

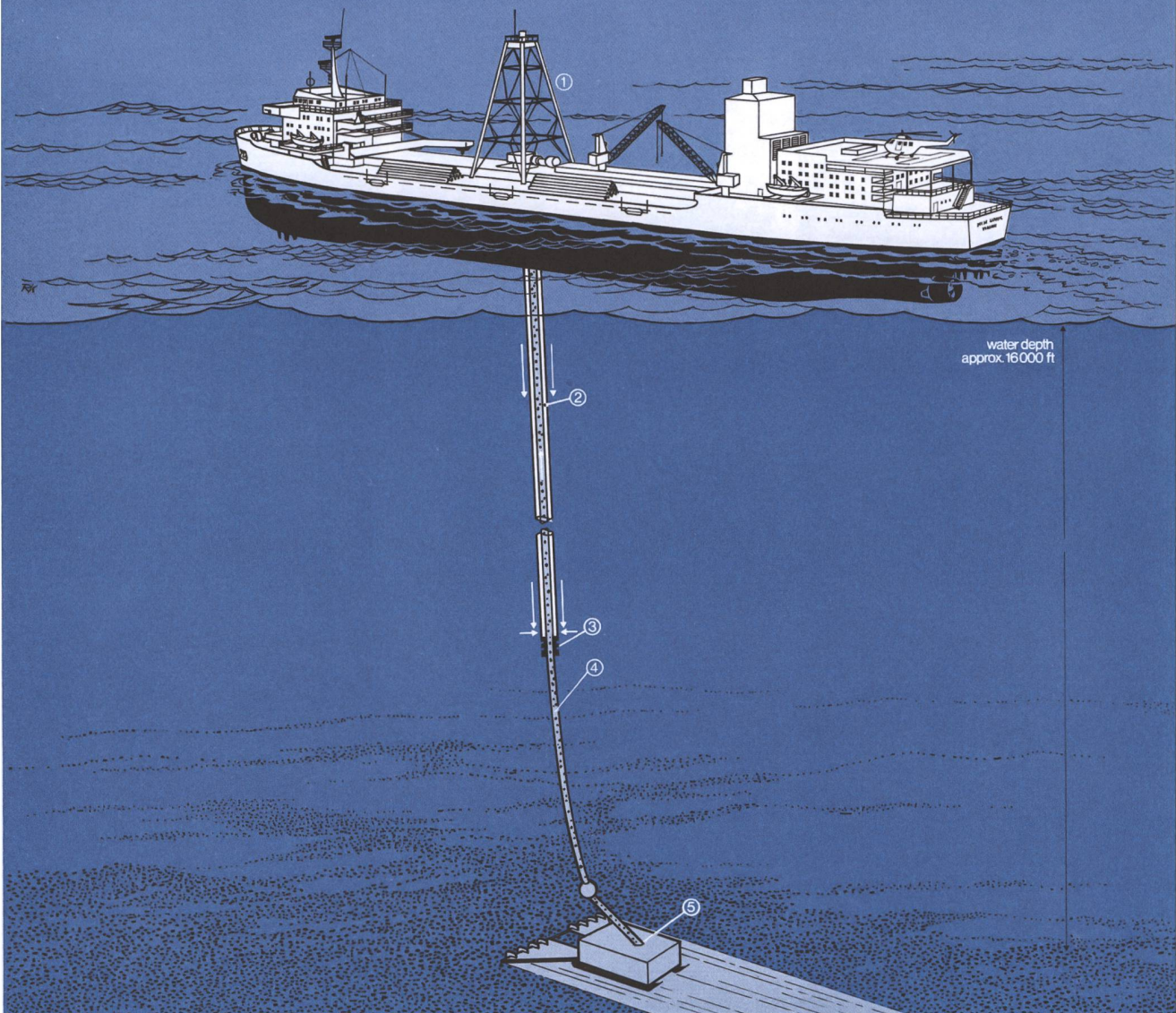
dicht gelagert den Ozeanboden bedecken. Sie finden sich in allen Ozeanen, allerdings konzentriert sich das kommerzielle und wissenschaftliche Interesse seit den 1960er-Jahren auf den Pazifik und hier insbesondere auf ein als «Clarion-Clipperton-Zone» (CCZ) bezeichnetes Seegebiet in etwa zwischen Hawaii und Mexiko.

Wie der Name andeutet, stellt Mangan das mengenmässig wichtigste Metall in den Knollen dar, allerdings richtet sich seit den 1970er-Jahren das Interesse auf andere, in kleineren Anteilen enthaltene Elemente, nämlich Nickel, Kupfer und Kobalt sowie im 21. Jahrhundert auch Seltenerdmetalle und Lithium.⁹ Da die Bezeichnung Manganknollen (englisch: manganese nodules) insofern irreführend sein kann, wurden andere Begriffe wie «polymetallic nodules» beziehungsweise «polymetallische Erzknollen» vorgeschlagen. Während im Englischen gegenwärtig beide Begriffe verwendet werden, überwiegt im Deutschen bis heute die ältere und griffigere Bezeichnung Manganknollen.

Damit Manganknollen zu einer Ressource werden konnten, mussten sie erst einmal bekannt sein. Ihre Entdeckung setzte ein Interesse an der Tiefsee voraus. Dieses entstand seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vor dem Hintergrund der ersten transozeanischen Telegrafenkabel (ab 1858) sowie der Evolutionstheorie, die Biologen lebende Fossilien in der Tiefsee vermuten liess. Während der Weltumsegelung des britischen Forschungsschiffes HMS Challenger (1872–1876), die einen ersten Meilenstein der Ozeanografie darstellte,¹⁰ gewannen die Wissenschaftler und Seeleute regelmässig mit einer Art Schleppnetz Proben vom Meeresboden und fanden so erstmals Manganknollen, die anschliessend wissenschaftlich beschrieben wurden.¹¹ Auch amerikanische und deutsche Ozeanografen machten in den folgenden Jahrzehnten ähnliche Funde, sodass Manganknollen der Wissenschaft und auch der interessierten Öffentlichkeit bald als weitverbreitetes Phänomen der Tiefsee bekannt waren.¹² Aber für die folgenden etwa achtzig Jahre blieben die Knollen, wie es ein Vertreter der bundesdeutschen Industrie 1980 ausdrückte, lediglich «eine mineralogische

Nodule Mining by Airlift System

- ① mining station
- ② compressed air
- ③ mixer nozzles
- ④ hauling pipe
- ⑤ collector



4 Schematische Darstellung des Tiefseebergbaus mit Förderschiff, vertikalem Rohrstrang und Kollektor. Die Illustration gibt zwangsläufig die Wassertiefe von ca. 5 Kilometern nicht massstabsgerecht wieder.

Kuriosität», die in Museen ausgestellt wurden, «wo sie als kostbare Exponate aus einer fremden, geheimnisumwitterten Sphäre eine ähnliche Beachtung gefunden haben dürften wie vor wenigen Jahren die ersten Mondproben». ¹³ Es konnte sich offenbar niemand eine Nutzung dieser Objekte vorstellen.

Dies änderte sich erst nach dem Zweiten Weltkrieg. Ein vager Hinweis, dass Manganknollen vielleicht Ressourcen sein könnten, findet sich in dem Bericht «Resources for Freedom» der US-amerikanischen Paley-Commission von 1952, die vor dem Hintergrund des Koreakriegs die Versorgungslage der USA untersuchte. In diesem Kontext diskutierte der Bericht auch Manganknollen, hielt aber eine Nutzung innerhalb der nächsten 25 Jahre für unwahrscheinlich. ¹⁴ Ebenfalls 1952 veröf-

fentlichte John L. Mero (1929–2001), der erst im gleichen Jahr den Bachelorabschluss in Bergbautechnik erwarb, in der Zeitschrift seines Colleges einen Artikel über die Mangerversorgung der USA, in dem er abschliessend auf die Tiefsee als mögliche Quelle hinwies. ¹⁵ Mero wurde in der Folgezeit zu der wahrscheinlich einflussreichsten Person in der Geschichte des Tiefseebergbaus. Das wissenschaftliche Interesse an der Tiefsee intensivierte sich im Rahmen des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58, und in diesem Kontext bearbeitete Mero ab 1957 ein Forschungsprojekt, das die Nutzung von Mineralien aus dem Meer untersuchte. Aus diesen Arbeiten ging Meros Buch «The Mineral Resources of the Sea» (1965) hervor, ¹⁶ das entscheidend dazu beitrug, die weltweite Aufmerksamkeit auf Manganknollen zu lenken. ¹⁷

Seit Ende der 1960er-Jahre begannen Unternehmen in westlichen Industriestaaten wie den USA, der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Japan, Kanada, Italien u.a. mit Unterstützung ihrer Regierungen konkrete Tiefseebergbauprojekte. Angesichts hoher Kosten und Risiken bildeten sich vier internationale Konsortien, die in den 1970er-Jahren Lagerstätten prospektierten und Abbau- und Fördertechnik sowie Verfahren zur Verhüttung von Manganknollen entwickelten.¹⁸ Diese Arbeiten gipfelten 1978/79 in drei erfolgreichen Abbautests, wobei es einem Konsortium unter bundesdeutscher Beteiligung im Frühjahr 1978 zuerst gelang, circa 800 Tonnen Manganknollen aus etwa 5 Kilometern Wassertiefe zu fördern. Hierfür war das Förderschiff über einen 5 Kilometer langen vertikalen Rohrstrang, durch den die Knollen hochgepumpt wurden, mit einem Kollektor verbunden, der über den Tiefseeboden geschleppt wurde und dabei die Knollen aufnahm.¹⁹

Die Abbautests von 1978/79, die noch nicht den für einen kommerziellen Betrieb nötigen Massstab erreichten, bilden bis heute den Höhepunkt des Tiefseebergbaus, da anschliessend alle Aktivitäten stark zurückgefahren wurden. Dies lässt sich auch an den Ausgaben der internationalen Konsortien erkennen, die nach einem raschen Anstieg um 1978 ihren Höhepunkt erreichten und danach wieder steil abfielen.²⁰ 1986 stellte das Handelsblatt fest, «dass der einst in greifbare Nähe gerückte Tiefseebergbau wieder Zukunftsmusik geworden ist».²¹ Die Jahre 1972–1982 gelten daher als «the golden era for manganese nodule research».²²

Erst nach der Jahrtausendwende ist wieder ein verstärktes ökonomisches, wissenschaftliches und politisches Interesse an den Manganknollen und nun auch an weiteren mineralischen Vorkommen der Tiefsee – insbesondere Massivsulfiden²³ – festzustellen. Die International Seabed Authority (ISA) der Vereinten Nationen, die für die Verwaltung des Meeresbodens jenseits nationaler Hoheitsgebiete zuständig ist, vergab 2006 eine Explorationslizenz (keine Abbaulizenz) an die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Ab 2011 folgten in rascher Abfolge Explorationslizenzen an Privatunternehmen weltweit, die allerdings einen «sponsoring state» vorweisen müssen.²⁴ Das neue Interesse an Metallen vom Meeresboden fand auch Erwähnung in der 2008 von der Europäischen Kommission veröffentlichten Rohstoffinitiative und im Abschlussbericht des G7-Gipfels 2015.²⁵

Ressourcenwerdung: fördernde Faktoren

Wie lässt sich erklären, dass die Manganknollen, ohne dass sich ihre natürlichen Eigenschaften oder ihre geografische Lage verändert hätten, erst ungefähr hundert Jahre nach ihrer Entdeckung fast zu einer wirtschaftlich genutzten Ressource wurden, dann jedoch beinahe wieder auf den Status einer mineralogischen Kuriosität zurückfielen und schliesslich im 21. Jahrhundert erneut an der

Schwelle zum kommerziellen Abbau stehen? Hierfür lässt sich eine Reihe von Faktoren identifizieren, die sich jeweils förderlich oder hemmend auf die Ressourcenwerdung auswirkten.

Die Förderung von Erzen auf Hoher See aus circa 4 Kilometern Tiefe rückte erst nach 1945 angesichts der Fortschritte von Ozeanografie und Meerestechnik in den Bereich des Vorstellbaren.

Zu den förderlichen Faktoren zählt der technische Fortschritt einschliesslich der Erwartungen der Zeitgenossen an die weitere technische Entwicklung. Die Förderung von Erzen auf Hoher See aus circa 4 Kilometern Tiefe rückte erst nach 1945 angesichts der Fortschritte von Ozeanografie und Meerestechnik in den Bereich des Vorstellbaren. Den Hintergrund bildete die militärische Forschung im Zweiten Weltkrieg und im Kalten Krieg, von der letztlich auch die zivile Wissenschaft profitierte.²⁶ In der Nachkriegszeit schien daher eine grosse Spannweite von Projekten zur Erschliessung der Ozeane möglich, die bis zur Besiedlung des Meeresbodens reichten.²⁷ Das Tempo des erwartbaren technischen Fortschritts gab zu dieser Zeit die Weltraumforschung vor, und es wurde zu einem Topos, die Unterwasserwelt als «inner space» oder «inneren Weltraum» mit dem «outer space» hinsichtlich der Potenziale und Herausforderungen gleichzusetzen.²⁸ Als ein Element innerhalb des weiten Feldes der Meeresforschung profitierte der Tiefseebergbau von diesen Erwartungen, zumal es sich um ein vergleichsweise wenig utopisches Vorhaben handelte. Manganknollen wurden somit als Ressource vorstellbar.

Einen weiteren fördernden Faktor bildete der gestiegene Bedarf nach Metallen. Das Projekt des Tiefseebergbaus folgt seit den 1950er-Jahren bis heute eng den Rohstoffmärkten, auf denen sich drei Boom-and-Bust-Zyklen feststellen lassen.²⁹ Ein erster steiler Anstieg der Metallpreise wurde 1950/51 durch den Nachfrageschock angesichts des Koreakriegs verursacht und gab insbesondere in den USA Anlass zu einer kritischen Reflexion über die Sicherheit der Ressourcenversorgung.³⁰ In diesem Zusammenhang standen sowohl der Bericht der Paley-Commission von 1952 als auch der erste Artikel von Mero, die offenbar unabhängig voneinander die gedankliche Linie zwischen der gestiegenen Nachfrage und den seit etwa achtzig Jahren bekannten Vorkommen auf dem Meeresgrund zogen.

Der zweite Rohstoffboom fiel in die Jahre 1973/74 und ist mit dem Ölpreisschock verbunden, obwohl Metallpreise schon seit Mitte der 1960er-Jahre einen deutlichen Aufschwung erfuhren.³¹ Ursächlich war zunächst das starke Wirtschaftswachstum der vorangegangenen Jahre,

zu dem dann der Ölpreisanstieg hinzukam. Die Nachfrage von Spekulanten nach Rohstoffen in einer von Inflation und Wechselkursschwankungen geprägten Zeit verstärkte den Anstieg noch.³² Die meisten Tiefseebergbauprojekte wurden in dieser Zeit gestartet, die somit den Beginn der Hochphase des Interesses an Manganknollen markierte. Das erneut auflebende Interesse an Manganknollen im 21. Jahrhundert fällt ebenfalls in die Periode einer Rohstoffpreishausse, die 2003 begann, bis etwa 2012 andauerte und durch das Wirtschaftswachstum und den Ressourcenverbrauch in Asien, insbesondere in China, angestossen wurde.³³

Abgesehen vom allgemeinen Preisanstieg standen während der beiden letzten Boomphasen bestimmte Metalle im Fokus, da die Versorgung mit ihnen die westlichen Industriestaaten vor Probleme stellte. In beiden Fällen schienen – und scheinen – sich Manganknollen als eine Lösung anzubieten. Zwischen etwa 1966 und 1970 kam es zu einer Verknappung von Nickel, die zu Preissteigerungen und einer Kontingentierung der Liefermengen durch die Produzenten führte. Hinter dieser «Nickelkrise»³⁴ stand der gestiegene Verbrauch des Metalls, das insbesondere für die Herstellung von Edelstahl benötigt wurde, sowie Streiks in dem weltweit dominierenden kanadischen Nickelbergbau. Zwar entspannte sich die Versorgungssituation ab 1970 wieder, aber zumindest in der Bundesrepublik wirkte die Nickelkrise als Warnschuss, der Staat und Wirtschaft veranlasste, über Versorgungssicherheit und Importabhängigkeit nachzudenken. Im Ergebnis stand eine aktive Rohstoffpolitik, die sich bemühte, rechtzeitig Risiken zu identifizieren und Gegenmassnahmen einzuleiten.³⁵ Teil dieser Politik war die Förderung des Tiefseebergbaus, da Manganknollen wirtschaftlich interessante Nickelgehalte aufweisen.³⁶

Da Manganknollen (verglichen mit terrestrischen Erzen) substantielle Anteile an Seltenen Erden, Lithium und Kobalt enthalten, wird heute oft im Zusammenhang mit dem Tiefseebergbau auf diese Metalle verwiesen.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts standen dagegen die Seltenmetalle im Fokus, da sie für Hochtechnologieprodukte und im Kontext der Energiewende verstärkt nachgefragt werden. Als China, das seit den 1990er-Jahren fast eine Monopolstellung erlangt hatte, 2009/10 die Ausfuhr drosselte, stiegen die Preise steil an und die Seltenen Erden wurden zum Inbegriff von Rohstoffmacht und westlicher Importabhängigkeit.³⁷ Zwar platzte die Blase bald wieder, aber die Preise blieben auf höherem Niveau als vor der Krise.³⁸ Weitere, ebenfalls mit der Energiewende verbundene und daher verstärkt diskutierte Metalle sind Lithium und Kobalt.³⁹ Da Manganknollen (vergli-

chen mit terrestrischen Erzen) substantielle Anteile an Seltenen Erden, Lithium und Kobalt enthalten, wird heute oft im Zusammenhang mit dem Tiefseebergbau auf diese Metalle verwiesen,⁴⁰ obwohl offenbar noch kein Verfahren existiert, um Seltene Erden im wirtschaftlichen Massstab aus Manganknollen zu extrahieren.⁴¹ Nichtsdestoweniger wirkt sich der aktuelle Diskurs über Seltene Erden und Lithium ähnlich wie die Nickelkrise der 1960er-Jahre förderlich auf das Interesse an Manganknollen aus.

In ähnlicher Weise schaffen politische Versorgungsrisiken einen Anreiz, zur Absicherung alternative Ressourcen in Angriff zu nehmen, auch wenn dies zu den gegenwärtigen Marktbedingungen nicht wirtschaftlich ist. Dies betrifft zu Beginn des 21. Jahrhunderts die Seltenen Erden angesichts des Quasimonopols von China, während nach 1973 die westlichen Industriestaaten befürchteten, dass andere Rohstoffexportländer im Globalen Süden dem Vorbild der OPEC folgen und ebenfalls effektive Kartelle bilden könnten. Insbesondere dem bereits 1967 gegründeten «Conseil Intergouvernemental de Pays Exportateurs de Cuivre» (CIPEC), einem Zusammenschluss kupferexportierender Entwicklungsländer, wurde zuge-
traut, in die Fussstapfen der Erdölstaaten zu treten, die den Verbrauchern ihre Rohstoffmacht demonstriert hatten.⁴² Vor diesem Hintergrund und auch mit Bezug auf die Nickelkrise unterstrich die bundesdeutsche Industrie den Beitrag ihres Tiefseebergbauprojekts zur Versorgungssicherheit: «Mit dem Manganknollenbergbau wird eine Rohstoffquelle erschlossen, die die Abhängigkeit von Streiks in den Produzentländern herabsetzt und die Gefahren, die aus Kartellbildungen und politisch motivierten Lieferstopps auftreten können, vermindert.»⁴³

Ein weiteres Bedrohungsszenario für die westlichen Industrienationen bildete die erwartete Erschöpfung der Rohstoffreserven. Am bekanntesten ist hier der Bericht an den Club of Rome, der 1972 unter dem Titel «The Limits to Growth» zu einem für die Rezeption sehr günstigen Zeitpunkt – während eines bereits starken Rohstoffpreisanstiegs und kurz vor dem Ölpreisschock – erschien.⁴⁴ Daneben wurden solche neomalthusianischen Vorstellungen in den 1960er- und 1970er-Jahren auch von Autoren wie Paul Ehrlich vertreten.⁴⁵ Auch wenn es gerade nicht im Sinne dieser Veröffentlichungen war, die Rohstoffsuche auf bisher kaum berührte Teile der Erde wie die Tiefsee auszudehnen, schienen sich Manganknollen vor dem Hintergrund einer erwarteten Rohstoffverknappung als neue Ressourcen anzubieten.

Was die Manganknolle besonders attraktiv erscheinen liess, war die schiere Grösse der Vorkommen. Auch heute gehen Wissenschaftler davon aus, dass die in den Manganknollen allein der CCZ enthaltenen Mengen an Mangan, Nickel, Kobalt und Yttrium jeweils grösser sind als die entsprechenden Reserven auf den Kontinenten.⁴⁶ Als Mero 1965 die weltweite Aufmerksamkeit auf die Manganknollen lenkte, behauptete er sogar, deren Menge sei so gross, dass sie trotz der geringen Wachstumsrate

schneller wüchsen als man sie bei den damaligen Verbrauchsdaten abbauen würde. Es handle sich somit um eine unerschöpfliche Ressource, so Mero: «Once the nodules are being mined, therefore, the industry would be faced with the very interesting situation of working deposits that grow faster than they can be mined».⁴⁷ Diese sicherlich nicht haltbare Behauptung, die vor allem eine Variation des alten Topos von der Unerschöpflichkeit und Unendlichkeit der Meere darstellt,⁴⁸ wurde vielfach aufgegriffen,⁴⁹ aber auch später kritisiert.⁵⁰ In jedem Fall schienen sich die Manganknollen als ideale Rohstoffquelle aufzudrängen in einer Welt, die mit ihrem Ressourcenverbrauch an die Grenzen des Wachstums zu stossen drohte.

Ressourcenwerdung: hemmende Faktoren

Diesen Faktoren standen jedoch andere gegenüber, die sich hemmend auf die Nutzung der Manganknollen auswirkten beziehungsweise auswirken. Hierzu zählt, dass in zentralen Bereichen die Erwartungen der Akteure nicht der späteren Entwicklung entsprachen. Dies betraf vor allem die Rohstoffpreise. In realen, also inflationsbereinigten Preisen ist der Rohstoffpreisboom von 1973/74 weniger ausgeprägt, ab 1970 nämlich folgten rund drei Jahrzehnte mit tendenziell sinkenden Preisen, bevor nach 2000 wieder ein steiler Anstieg begann, der die Grundlage für das erneute Interesse am Tiefseebergbau bildete. Ursächlich für den aussergewöhnlichen Preisverfall der 1970er- bis 1990er-Jahre waren das verlangsamte globale Wirtschaftswachstum nach dem Ende des Nachkriegsbooms sowie ein Trend zur Dienstleistungsgesellschaft und zu effizienterem Ressourceneinsatz, wodurch Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch entkoppelt wurden.⁵¹ Hinzu kam, dass die konventionellen Bergwerke weltweit noch nicht die Grenzen ihres Wachstums erreicht hatten und die bestehende Nachfrage problemlos decken konnten. Anfang der 1980er-Jahre arbeiteten die weltweiten Nickel-, Kupfer- und Kobaltbergwerke weit unter ihrer maximalen Kapazität.⁵² Dies war nicht die Zeit, um in ein technisch riskantes, neues Bergbauverfahren zu investieren.

Dass die Rentabilität des Tiefseebergbaus auf wackeligen Füßen stand, war schon 1971 absehbar.⁵³ Eine interne Wirtschaftlichkeitsabschätzung der bundesdeutschen Industrie kam 1975 ebenfalls zu Ergebnissen, «die unterhalb der Schwelle liegen, die für ein privatwirtschaftliches Unternehmen ausreichend wäre, um ein derart kapitalintensives und risikoreiches Vorhaben zu realisieren».⁵⁴ Auch in den USA verschoben sich die Ertragserwartungen zu dieser Zeit zumindest weit in die Zukunft.⁵⁵ Umso wichtiger wurde das strategische Argument, wonach der Tiefseebergbau zur Absicherung von Versorgungsrisiken diene. Auf diesem Weg liessen sich Subventionen einfordern,⁵⁶ die auch gewährt wurden,⁵⁷ sodass der rein betriebswirtschaftliche Aspekt zurücktrat. Allerdings verlor auch dieses Argument an Überzeu-

gungskraft, da es den erzexportierenden Entwicklungsländern nicht gelang, dem Beispiel der OPEC zu folgen und effektive Kartelle zu bilden oder ihre Position auf den Rohstoffmärkten im Nord-Süd-Konflikt auf eine andere Art zu nutzen.⁵⁸ Manganknollen wurden somit entbehrlich.

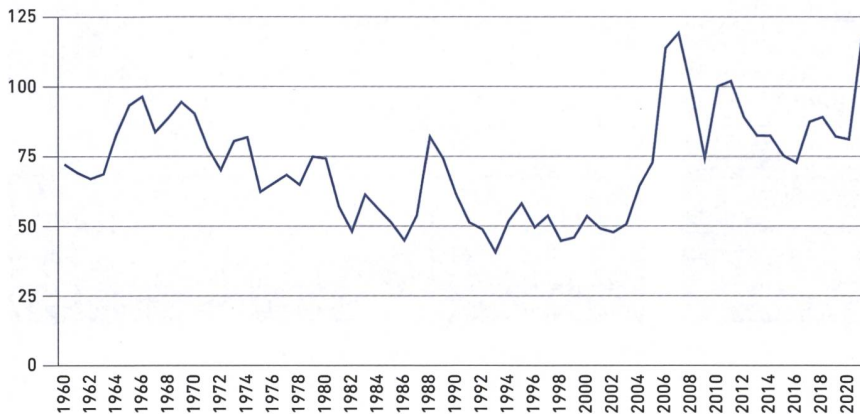
**In jedem Fall schienen sich
die Manganknollen als ideale Rohstoff-
quelle aufzudrängen in einer Welt,
die mit ihrem Ressourcenverbrauch
an die Grenzen des Wachstums
zu stossen drohte.**

Gleichzeitig erwiesen sich die technischen Herausforderungen als grösser und kostenträchtiger als zunächst erwartet. Mero ging 1965 davon aus, dass Manganknollen im Kontrast zu konventionellen Erzen einfach und günstig abzubauen seien, schliesslich bedeckten sie über weite Strecken den Tiefseeboden und müssten nur aufgesammelt werden.⁵⁹ Tatsächlich jedoch erforderte es lange Forschungsfahrten und neuartige Explorationstechnik, um Lagerstätten zu finden, die von den Metallgehalten, der Lagerungsdichte der Knollen sowie vom Bodenprofil her geeignet waren.⁶⁰ Ähnliches galt für Abbau und Förderung angesichts der grossen Tiefe und der Verhältnisse auf Hoher See. Ein Mitarbeiter der bundesdeutschen Industrie fasste die Herausforderungen bildlich zusammen: «Die Aufgabe, die sich dem Tiefsee-Bergbau stellt, besteht darin, mit einem Zeppelin, der in 5 km Höhe über den Wolken treibt, in stockdunkler Nacht und bei stürmischem Wetter, Kartoffeln mit einem langen Ofenrohrüssel streng entlang den Furchen von Feldern zu ernten, die grössenmässig und landschaftlich etwa den Raum Hannover-Frankfurt-Leipzig umfassen.»⁶¹ Die Aufgabe war lösbar, wie die Abbautests 1978/79 zeigten, aber es war teuer und langwierig, zumal die Tests mit erheblichen Problemen zu kämpfen hatten und für einen kommerziellen Betrieb noch deutlich hätten hochskaliert werden müssen.

Verfügungsrechte üben einen erheblichen Einfluss auf die Rohstoffnutzung aus, und das internationale Seerecht bildete einen weiteren Bereich, der sich in den 1970er- und 1980er-Jahren hemmend auf die Ressourcenwerdung der Manganknollen auswirkte. Mero sah hier dagegen 1965 erneut nur Vorteile: Da die Manganknollen überwiegend in internationalen Gewässern liegen, handle es sich um «politically-free and royalty-free materials», die die Industriestaaten nutzen könnten, ohne sich in Abhängigkeit von anderen, potenziell unfreundlichen Ländern zu begeben.⁶²

Allerdings war schon Ende der 1960er-Jahre absehbar, dass das Seerecht, wie es sich seit der Frühen Neuzeit entwickelt hatte, vor dramatischen Änderungen stand. Während das Seerecht bisher die Interessen der grossen Handelsnationen widerspiegelte und nur die

Preise von Industriemetallen (ohne Eisen), 1960–2021



5 Industriemetalle (ohne Eisen), 1960–2021, in realen Preisen (2010=100).

Schifffahrt regelte, traten in der Nachkriegszeit mit der Dekolonisation neue Akteure in der Staatengemeinschaft auf und neue Nutzungen des Meeres wie die Offshore-Öl- und Gasförderung oder perspektivisch der Tiefseebergbau wurden möglich, während Konflikte über die zunehmend als endlich begriffenen Ressourcen zunahm.⁶³ Daher verhandelte die Staatengemeinschaft auf der langwierigen Dritten Seerechtskonferenz der Vereinten Nationen (Third United Nations Conference on the Law of the Sea; UNCLOS III) von 1973 bis 1982 ein neues Seerecht. Am Ende der Konferenz stand das Seerechtsübereinkommen (Law of the Sea Convention; LOSC), das die Manganknollen als «common heritage of mankind» definierte und den Tiefseebergbau einem restriktiven Regime mit einer Internationalen Meeresbodenbehörde (International Seabed Authority; ISA), Produktionsobergrenzen zum Schutz von Bergbaustaaten und Abgaben zugunsten der Entwicklungsländer unterwarf. Die Industriestaaten lehnten solche aus Investorensicht ungünstigen Regelungen ab und unterzeichneten das Abkommen erst 1994, als ein Kompromiss gefunden wurde.⁶⁴ Solange aber sahen sich Unternehmen einer ungünstigen beziehungsweise unklaren Rechtslage und damit einem wesentlichen Investitionshindernis gegenüber.⁶⁵

Während die Rechtslage in den 1970er- und 1980er-Jahren zusammen mit den unzureichenden Ertragsaussichten das wesentliche Hindernis darstellte, entwickelte sich die Frage der Umweltverträglichkeit erst im 21. Jahrhundert zu einem hemmenden Faktor. Dass der Meeresboden auch in grosser Tiefe trotz ewiger Dunkelheit, hohem Wasserdruck und Temperaturen wenig über 0 Grad C kein unbelebter Ort ist, war seit 1860 bekannt, als ein beschädigtes Unterseekabel aus dem Mittelmeer geborgen wurde und einen deutlichen Bewuchs mit verschiedenen Tierarten aufwies.⁶⁶ Allerdings spielte die Bedrohung dieses Ökosystems bis in die 1980er-Jahre kaum eine Rolle in der Diskussion um den Tiefseebergbau. Zwar wurden in den Jahren nach der «ökologischen Revo-

lution»⁶⁷ um 1970 die Forschungen zum Tiefseebergbau von ersten Umweltverträglichkeitsstudien begleitet und es wurden die wesentlichen Effekte wie die Zerstörung der Lebewesen auf und zwischen den Manganknollen sowie die Aufwirbelung von grossen Sedimentwolken erkannt, aber in der Regel bewerteten selbst Wissenschaftler diese Auswirkungen als begrenzt und vertretbar.⁶⁸ Selbst Elisabeth Mann Borgese, die heute oft als Vordenkerin des Meeresumweltschutzes gilt,⁶⁹ wollte den Tiefseebergbau, den sie sehr befürwortete, nicht durch ökologische Probleme infrage gestellt sehen.⁷⁰

Wissenschaftler betonen heute die hohe Biodiversität am Tiefseeboden, die sehr geringe Regenerationsfähigkeit des an langfristig stabile Umweltbedingungen angepassten Ökosystems und den lückenhaften Wissensstand.

Seit der Jahrtausendwende jedoch steht die Umweltverträglichkeit im Zentrum der Debatte. Wissenschaftler betonen heute die hohe Biodiversität am Tiefseeboden, die sehr geringe Regenerationsfähigkeit des an langfristig stabile Umweltbedingungen angepassten Ökosystems und den lückenhaften Wissensstand, sodass gemäss dem Vorsorgeprinzip ein massiver Eingriff unverantwortlich sei.⁷¹ Eine Voraussetzung für die gestiegene Wertschätzung der Lebewesen in der Tiefsee ist deren erhöhte Sichtbarkeit. Anders als in den 1970er-Jahren gibt es heute hochauflösendes, farbiges Bildmaterial, das eine vielfältige und oftmals ästhetisch ansprechende Fauna zwischen den Manganknollen zeigt und das in Berichten über die ökologischen Risiken des Tiefseebergbaus vielfach eingesetzt wird. Vor diesem Hintergrund fordern heute Umweltschutzorganisationen wie der Worldwide Fund for Nature (WWF) und die International Union for the Conser-



6 Seegurke zwischen Manganknollen, 2019.



7 Seestern zwischen Manganknollen, 2019.

vation of Nature (IUCN), aber auch das Europäische Parlament ein Moratorium für den Tiefseebergbau.⁷² Sogar wirtschaftsnahe Publikationen wie «The Economist» und die «Frankfurter Allgemeine Zeitung» räumen den ökologischen Kritikpunkten breiten Raum ein.⁷³

Fürsprecher des Tiefseebergbaus und interessierte Unternehmen reagieren hierauf, indem sie den Zeitgeist aufnehmen. Sie argumentieren jedoch mit den aus ihrer Sicht geringeren ökologischen und sozialen Kosten des Tiefseebergbaus gegenüber dem konventionellen Erzbergbau, der oft als Tagebau in Entwicklungsländern stattfindet. Überdies verweisen sie auf den Metallbedarf der Energiewende (s. o.), der nur aus dem Ozean gedeckt werden könne.⁷⁴ Dagegen spricht jedoch, dass sich 2021 bedeutende Automobil- und Technologieunternehmen – BMW, Volvo, Samsung und Google – gegen den Tiefseebergbau ausgesprochen haben, was sie mit den ökologischen Risiken begründen.⁷⁵ Eine andere Erklärung wäre, dass sie die Metalle aus dem Meer für ihre Batterien nicht wirklich benötigen.

Während in den 1970er-Jahren der Zugang zu den Manganknollen und die Verteilung der Gewinne zwischen Industrie- und Entwicklungsländern strittig waren, stellt gegenwärtig innerhalb der Industriestaaten die ökologische Frage den Hauptstreitpunkt dar, von dem auch die gesellschaftliche Akzeptanz, zumindest in den westlichen Industriestaaten, und damit die politische Unterstützung abhängt. Die Frage der Umweltverträglichkeit ist daher heute zentral für die Ressourcenwerdung der Manganknollen.

Fazit

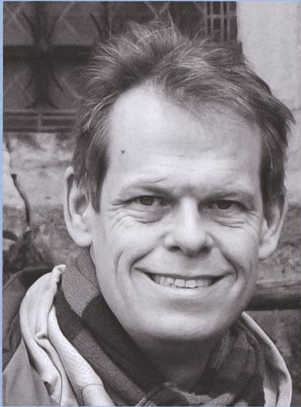
Die Tiefsee war zumindest bis ins 20. Jahrhundert in Zimmermanns Worten «a man-less universe»⁷⁶ und enthielt daher keine Ressourcen. Die Manganknollen haben sich seitdem nicht geändert, wohl aber die menschlichen Gesellschaften. Die Ressourcenwerdung der Manganknollen sagt insofern gemäss Bridge mehr über diese Gesellschaften aus als über die mineralischen Objekte selbst.⁷⁷ Die Geschichte der Manganknollen spiegelt die Zyklen der

Rohstoffmärkte seit den 1950er-Jahren wider, ebenso wie die politisch-ökonomischen Konflikte zwischen Industriestaaten und Entwicklungsländern in den 1970er-Jahren oder zwischen China und dem Westen im 21. Jahrhundert. Zugleich schlugen sich hier Debatten über die Erschöpfung der Rohstoffreserven und der wachsende Stellenwert ökologischer Fragen nieder. Manganknollen stellen hierbei keinen Sonderfall dar, sondern illustrieren den offenen und reversiblen Prozess der Ressourcenwerdung allgemein. Nur die Tatsache, dass die Manganknollen seit fast sechzig Jahren mal mehr, mal weniger nah an der Schwelle zu einer kommerziell genutzten Ressource stehen, ohne sie bisher überschritten zu haben, ist ungewöhnlich, aber sicher nicht einmalig.

Ob Manganknollen heute als Ressource gelten können, ist eine Definitionsfrage. In Zimmermanns Sprachgebrauch eher nicht, da sie bisher keine wirtschaftlichen Bedürfnisse decken. Die heutige geologische Definition von Ressourcen, die solche mineralischen Vorkommen erfasst, deren wirtschaftlicher Abbau gegenwärtig oder potenziell möglich ist, erfüllen Manganknollen hingegen wohl, da ein Tiefseebergbau potenziell möglich wäre. Dagegen zählen sie bislang kaum in die engere Kategorie der Reserven, da hierfür ein Abbau bei gegenwärtiger Marktlage und Technologie profitabel sein müsste.⁷⁸ Prognosen über die Zukunft des Tiefseebergbaus bleiben schwierig, weil die ökonomischen, politischen und sozialen Faktoren, die bestimmen, was Gesellschaften als Ressource betrachten und auch nutzen, ständig im Fluss sind.

Zum Autor

Dr. Ole Sparenberg



Ole Sparenberg lehrt am Karlsruher Institut für Technologie und arbeitet an einer Wirtschafts- und Umweltgeschichte des Tiefseebergbaus im 20. und 21. Jahrhundert, die 2019–2020 von der Gerda Henkel Stiftung gefördert wurde. Nach dem Studium in Göttingen wurde er dort mit einer Arbeit über die Rolle von Hochseefischerei und Walfang in der nationalsozialistischen Autarkiepolitik promoviert, die im Rahmen des Graduiertenkollegs «Interdisziplinäre Umweltgeschichte» entstand. Anschliessend arbeitete er von 2011 bis 2018 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Universität des Saarlandes. Seine Forschungsinteressen umfassen die Wirtschafts- und Umweltgeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts, insbesondere mineralische Ressourcen, Energie und Nahrung.

Karlsruher Institut für Technology (KIT), Deutschland
ole.sparenberg@partner.kit.edu



Verwandter Artikel im Ferrum-Archiv:
«Seltene Erden. Vom Glühstrumpf zum weltweiten Zankapfel»
von Christine Kolczewski in Ferrum 85/2013

Anmerkungen

- 1 Erich W. Zimmermann, *World Resources and Industries. A Functional Appraisal of the Availability of Agricultural and Industrial Resources*, New York und London 1933, S. 3.
- 2 Ebd., S. 9.
- 3 Astrid Kander, Paolo Malanima und Paul Warde, *Power to the People. Energy Over the Last Five Centuries*, Princeton/Oxford 2013; Rolf Peter Sieferle, *The Subterranean Forest. Energy Systems and the Industrial Revolution*, Cambridge 2001.
- 4 Franz-Josef Brüggemeier, *Grubengold. Das Zeitalter der Kohle von 1750 bis heute*, München 2018, S. 349–383.
- 5 Thomas de Gregori, *Resources are not; they become: an institutional theory*, in: *Journal of Economic Issues* 21 (1987), 3, S. 1247, 1257.
- 6 Gavin Bridge, *Material worlds: Natural resources, resource geography and the material economy*, in: *Geography Compass* 3 (2009), 3, S. 1220.
- 7 Sebastian Haumann, *Kalkstein als «kritischer» Rohstoff. Eine Stoffgeschichte der Industrialisierung, 1840–1930*, Bielefeld 2020, S. 323.
- 8 Für einen aktuellen naturwissenschaftlichen Überblick s.: James R. Hein, Andrea Koschinsky und Thomas Kuhn, *Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials*, in: *Nature Reviews Earth & Environment* 1 (2020), 3, S. 158–169; Sven Petersen et al., *News from the seabed – geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources*, in: *Marine Policy* 70 (August 2016), S. 175–187.
- 9 Rainer Fellerer, *Manganknollen*, in: *Geologisches Jahrbuch. Reihe D* 38 (1980), S. 41; Petersen (wie Anm. 8), S. 176.
- 10 Helen M. Rozwadowski, *Vast Expanses. A History of the Ocean*, London 2018, S. 104–129; Antony Adler, *Neptune's Laboratory. Fantasy, Fear and Science at Sea*, Cambridge/M. und London 2019, S. 30–36.
- 11 Igor M. Belkin, Per S. Andersson und Jörgen Langhof, *On the discovery of ferromanganese nodules in the world ocean*, in: *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 175 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2021.103589> (Stand 24.3.2022).
- 12 Alexander Agassiz, *Cruise of the Albatross*, in: *Science*, Vol. 10, No. 258 (8.12.1899), S. 834; Carl Chun, *Aus den Tiefen des Weltmeeres. Schilderungen von der deutschen Tiefsee-Expedition*, Jena 1900, S. 151.
- 13 Fellerer (wie Anm. 9), S. 40 f.
- 14 The President's Materials Policy Commission, *Resources for Freedom. Vol. IV: The Promise of Technology*, Washington, DC 1952, S. 124 f.

- 15 John Mero, Manganese, in: North Dakota Engineer 27 (March 1952), 3, S. 46.
- 16 John L. Mero, The Mineral Resources of the Sea (= Elsevier Oceanography Series; 1), Amsterdam u. a. 1965.
- 17 Geoffrey P. Glasby, Lessons learned from deep seabed mining, in: Science, Vol. 289 (28.7.2000), S. 551; Rahul Sharma, Deep-sea mining: Current status and future considerations, in: Ders. (Hg.), Deep-Sea Mining. Resource Potential, Technical and Environmental Considerations, Cham 2017, S. 3.
- 18 Fillmore C. F. Earney, Marine Mineral Resources, London und New York 1990, S. 59.
- 19 John L. Shaw, Nodule mining – three miles deep!, in: Marine Georesources and Geotechnology 11 (1993), 2, S. 181–197; G. Ross Heath, Ferromanganese nodules of the deep sea, in: Economic Geology. 75th Anniversary Volume, 1981, S. 758 ff.
- 20 Earney (wie Anm. 18), S. 63.
- 21 Rüdiger Kühn, Meeresrohstoffe: Nach Aufbruchstimmung in den Siebzigern heute nur noch für Experten ein Thema, in: Handelsblatt (11.4.1986), S. 44.
- 22 Geoffrey P. Glasby, Deep-seabed mining: Past failures and future prospects, in: Marine Georesources and Geotechnology 20 (2002), S. 162.
- 23 Zu Massivsulfiden siehe: Petersen (wie Anm. 8), S. 181–185.
- 24 <https://isa.org/jm/exploration-contracts> (Stand 24.3.2022).
- 25 Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat: Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern, 4.11.2008, KOM(2008) 699 endgültig, S. 7, 11; G7, Abschlusserklärung G7-Gipfel, 7–8. Juni 2015, S. 21, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/datenschutzhinweis/g7-abschlusserklaerung-und-weitere-dokumente-387344> (Stand 24.3.2022).
- 26 Adler (wie Anm. 10), S. 97–103; John Hannigan, The Geopolitics of the Oceans, Cambridge und Malden/Ma. 2016, S. 81–86.
- 27 Rozwadowski (wie Anm. 10), S. 161–187.
- 28 Adler (wie Anm. 10), S. 132; Helen M. Rozwadowski, Arthur C. Clarke and the limitations of the ocean as a frontier, in: Environmental History 17 (2012), 3, S. 580 f.
- 29 Marian Radetzki, The anatomy of three commodity booms, in: Resources Policy 31 (2006), 1, S. 56–64.
- 30 Andrea Westermann, Inventuren der Erde. Vorratsschätzungen für mineralische Rohstoffe und die Etablierung der Ressourcenökonomie, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 37 (2014), 1, S. 26 ff.
- 31 Ole Sparenberg, Security of supply: West Germany and the global markets for base metals, 1965–1980, in: Mark Jakob, Nina Kleinöder und Christian Kleinschmidt (Hg.), Security and Insecurity in Business History. Case Studies in the Perception and Negotiation of Threats (= Wirtschafts- und Sozialgeschichte des modernen Europa; 8), Baden-Baden 2021, S. 218.
- 32 Radetzki (wie Anm. 29), S. 59 f.
- 33 Ebd., S. 61.
- 34 O. A., Nickelkrise: Absolut hilflos, in: Der Spiegel (17.11.1969), S. 173.
- 35 Sparenberg (wie Anm. 31), S. 193–196.
- 36 Bundesarchiv Koblenz (im Folgenden BA) B 102/258836, Referat III C 4, Vermerk: Grundlinien einer Rohstoffversorgungspolitik für Nickel, 10.1.1969, S. 2.
- 37 Robert F. Service, Chinese policies could pinch U.S. efforts to make electric vehicles, in: Science, Vol. 329, No. 5990 (23.7.2010), S. 377; Luitgard Marschall und Heike Holdinghausen, Seltene Erden. Umkämpfte Rohstoffe des Hightech-Zeitalters (= Stoffgeschichte; 10), München 2018, S. 77.
- 38 Marschall und Holdinghausen (wie Anm. 37), S. 81 f.
- 39 Kirsten Hund et al., Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition, Washington, DC 2020, S. 11; <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition> (Stand 26.3.2022).
- 40 James R. Hein et al., Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources, in: Ore Geology Reviews 51 (2013), S. 8 f.; Petersen (wie Anm. 8), S. 175 f.
- 41 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.), Marine Rohstoffe Newsletter 2019, Hannover 2019, S. 12.
- 42 Sparenberg (wie Anm. 31), S. 200.
- 43 Hessisches Wirtschaftsarchiv Darmstadt (im Folgenden: HWA), Abt. 119 Nr. 1702, AMR-Durchführbarkeitsstudie. Projekt Manganknollen. Erste Wirtschaftlichkeitsabschätzung 1972–1974, S. 218.
- 44 Donella H. Meadows et al., The Limits to Growth. A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind, New York 1972. Vgl. a. Patrick Kupper, «Weltuntergangsvision aus dem Computer». Zur Geschichte der Studie «Die Grenzen des Wachstums» von 1972, in: Frank Uekötter und Jens Hohensee (Hg.), Wird Cassandra heiser? Die Geschichte falscher Ökoalarme (= Historische Mitteilungen. Beihefte; 57), Stuttgart 2004, S. 98–111.
- 45 Paul R. Ehrlich, The Population Bomb, New York 1968; Paul R. Ehrlich und Anne H. Ehrlich, The End of Affluence. A Blueprint for Your Future, New York 1974; vgl. auch Paul Sabin, The Bet. Paul Ehrlich, Julian Simon, and Our Gamble Over Earth's Future, New Haven und London 2013.
- 46 Hein, Koschinsky und Kuhn (wie Anm. 8), S. 163 f.
- 47 Mero (wie Anm. 16), S. 279.
- 48 Jens Ruppenthal, Raubbau und Meerestechnik. Die Rede von der Unerschöpflichkeit der Meere (= Historische Mitteilungen. Beihefte; 100), Stuttgart 2018, S. 73–90, 171 f.; Ole Sparenberg, «Segen des Meeres». Hochseefischerei und Walfang im Rahmen der nationalsozialistischen Autarkiepolitik (= Schriften zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte; 86), Berlin 2012, S. 69–89.
- 49 Arvid Pardo, Who will control the seabed?, in: Foreign Affairs 47 (1968), 1, S. 127; Tony Loftas, Letztes Neuland – die Ozeane, Frankfurt a. M. 1970, S. 9, 123; Elisabeth Mann Borgese, The Mines of Neptune. Minerals and Metals From the Sea, New York 1985, S. 74.
- 50 Heath (wie Anm. 19), S. 758; Antje Boetius und Matthias Haeckel, Mind the seafloor, in: Science, Vol. 359, Issue 6371 (5.1.2018), S. 34.
- 51 Alfred Maizels, Commodities in Crisis. The Commodity Crisis of the 1980s and the Political Economy of International Commodity Policies, Oxford 1992, S. 9–16.
- 52 Earney (wie Anm. 18), S. 2.
- 53 Günter Dorstewitz, Meeresbergbau auf Kobalt, Kupfer, Mangan und Nickel. Bedarfsdeckung, Betriebskosten, Wirtschaftlichkeit (= Bergbau, Rohstoffe, Energie; 6), Essen 1971.
- 54 HWA Abt. 119, Nr. 1702, AMR-Durchführbarkeitsstudie. Projekt Manganknollen. Erste Wirtschaftlichkeitsabschätzung 1972–1974, S. 216.
- 55 Deborah Shapley, Changing profile of deep-sea miners, in: Science, Vol. 200, No. 4345 (2.6.1978), S. 1030.

- 56 BA B 196/17801, Wirtschaftsvereinigung Industrielle Meerestechnik e.V. an den Bundesminister für Forschung und Technologie Herrn Prof. Dr. H. Ehmke, betr. Entwicklung von Methoden der Gewinnung, Förderung und Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe vom Meeresboden, 4.4.1974, S. 4.
- 57 International wurde in den 1970er-Jahren etwa ein Drittel der Ausgaben von Regierungen getragen, in der Bundesrepublik waren es eher zwei Drittel: James M. Broadus, Asian Pacific marine minerals and industry structure, in: *Marine Resource Economics* 3 (1986), 1, S. 81; BA B 102 102/248771, Referat V C 3, betr. Seerechtskonferenz; hier: AMR-Förderung, 2.9.1981.
- 58 Sparenberg (wie Anm. 31), S. 219.
- 59 Mero (wie Anm. 16), S. 280.
- 60 Norbert Hering, Erze in großen Meerestiefen. 1. Teil: Geräte und Verfahren zum Aufsuchen und Erkunden von Manganknollenlagerstätten zwischen gestern und heute, in: *mt – Meerestechnik – Marine Technology* 2 (1971), 4, S. 155–162.
- 61 Fellerer (wie Anm. 9), S. 72.
- 62 Mero (wie Anm. 16), S. 275.
- 63 Ole Sparenberg, Der Ozean selbst, von einer besonderen Seite angesehen. Die völkerrechtliche Wahrnehmung des Meeres seit 1945, in: Jens Ruppenthal, Ruth Schilling und Martin P. M. Weiss (Hg.), *Von Flaschenpost bis Fischreklame. Die Wahrnehmung des Meeres im 19. und 20. Jahrhundert*, Wien, Köln und Weimar 2019, S. 91–109.
- 64 Yoshifumi Tanaka, *The International Law of the Sea*, Cambridge u. a. 2012, S. 24–29, 170–183.
- 65 HWA Abt. 119, Nr. 1702, AMR-Durchführbarkeitsstudie. Projekt Manganknollen. Erste Wirtschaftlichkeitsabschätzung 1972–1974, S. 219 f., 234; BA B 196/40635 Bd. 1, BMWi Referat III B 3, Vermerk betr. Tiefseebergbau auf Manganknollen, 4.9.1980, S. 2; o. A., Meerestechnik. Nur Knowhow vermarktet, in: *Handelsblatt* (7.8.1987), S. 1.
- 66 Rozwadowski (wie Anm. 10), S. 119.
- 67 Joachim Radkau, *Die Ära der Ökologie. Eine Weltgeschichte*, München 2011, S. 124.
- 68 Erdogan Ozturgut et al., *Deep Ocean Mining of Manganese Nodules in the North Pacific: Pre-Mining Environmental Conditions and Anticipated Effects* (= NOAA Technical Memorandum ERL MESA-33), Boulder, Col. 1978, S. 118 f.; Anthony F. Amos et al., *Environmental aspects of nodule mining*, in: Geoffrey P. Glasby (Hg.), *Marine Manganese Deposits* (= Elsevier Oceanography Series; 15), Amsterdam 1977, S. 435 f.
- 69 Adler (wie Anm. 10), S. 144.
- 70 Mann Borgese (wie Anm. 49), S. 87.
- 71 Olive Heffernan, *Deep-sea dilemma*, in: *Nature* 571 (25.7.2019), S. 465–468; Boetius und Haeckel (wie Anm. 50); Eva Ramirez-Llodra et al., *Deep, diverse and definitely different: Unique attributes of the world's largest ecosystem*, in: *Biogeosciences* 7 (2010), 9, S. 2851–2899.
- 72 International Union for Conservation of Nature, *Motion 069: Protection of deep-ocean ecosystems and biodiversity through a moratorium on seabed mining*, IUCN World Conservation Congress, Marseille, 3.–11.9.2021, www.iucncongress2020.org/motion/069; World Wide Fund For Nature, *Policy Position. Deep Seabed Mining* (WWF Position Paper 2020), https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_policy_position_deep_seabed_mining_2020_final.pdf (Stand 29.3.2022); European Parliament, *International ocean governance: an agenda for the future of our oceans in the context of the 2030 Sustainable Development Goals* (P8_TA(2018)0004), 16.1.2018.
- 73 O. A., *The Seas are lovely, dark and deep*, in: *The Economist* (10.11.2018), S. 75–77; Maximilian Weingartner, *Schatz im Meer*, in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (22.3.2014), S. 19.
- 74 Hein, Koschinsky und Kuhn (wie Anm. 8), S. 162 f., 166; <https://dsm-facts.com/>; <https://metals.co/nodules/> (Stand 29.3.2022).
- 75 Andrew Thaler, *Major brands say no to deep-sea mining, for the moment*, 15.4.2021, <https://dsmobserver.com/2021/04/major-brands-say-no-to-deep-sea-mining-for-the-moment/> (Stand 29.3.2022).
- 76 Zimmermann (wie Anm. 1), S. 3.
- 77 Bridge (wie Anm. 6), S. 1220.
- 78 Zu den Definitionen siehe: Klaus J. Schulz et al., *Critical mineral resources of the United States – an introduction*, in: ders. et al., *Critical Mineral Resources of the United States: Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply* (= U.S. Geological Survey Professional Paper; 1802), Reston, VA 2017, S. A4.