

Rohstoffversorgung durch Meeresbergbau

TIEFSEE Der Abbau von mineralischen Rohstoffen in der Tiefsee rückt vor dem Hintergrund stetig steigender Rohstoffpreise verstärkt in den Fokus. Im Interesse stehen dabei unter anderem die Erschließung von Maganknollen und Magankrusten-Vorkommen, sulfidischen Erzschlammern, Massivsulfiden, Phosphorit- oder Diamant-Vorkommen.

Sebastian Scholz

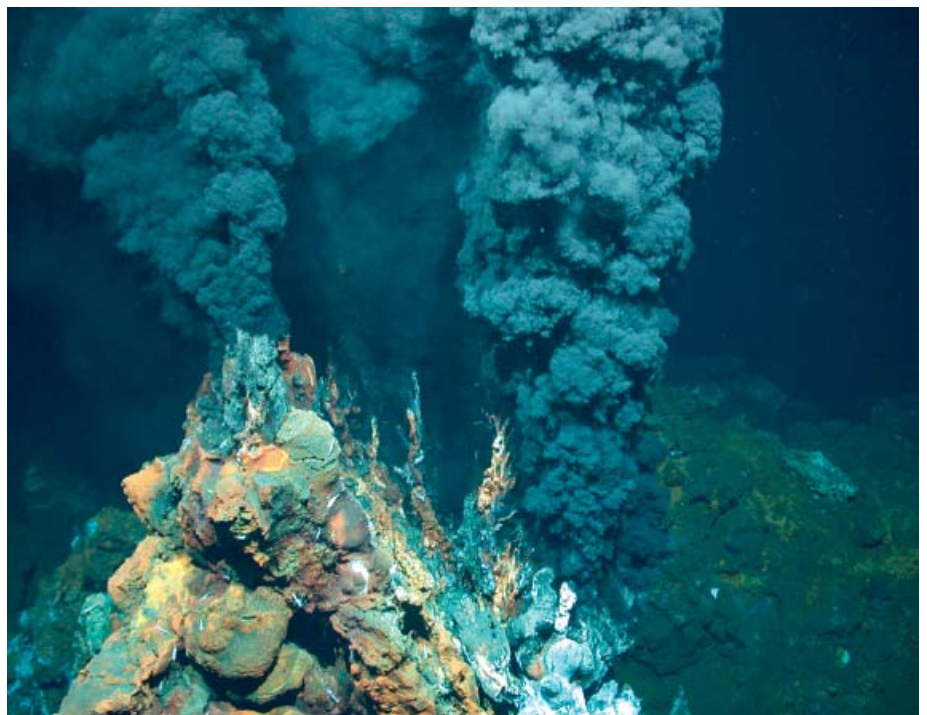
Meeresbergbau bezeichnet den Abbau von marinen mineralischen Rohstoffen. Dies steht in Abgrenzung zu der Förderung von Kohlenwasserstoffverbindungen wie Erdöl, Erdgas oder Gashydraten. Meeresbergbau wird in Schelfregionen bereits seit Jahrzehnten betrieben. Die Erschließung der Tiefsee war in der Vergangenheit nicht wirtschaftlich genug. Doch durch die weiter steigenden Rohstoffpreise und den Verbrauch der fossilen Rohstoffvorkommen an Land rücken Tiefseegebiete immer mehr in den Fokus der Industrie und Politik. So sind auf wirtschaftlicher Seite die Ergiebigkeit eines Rohstofffeldes sowie die Förderkosten und auf politischer Seite die Versorgung rohstoffarmer Nationen, wie Deutschland, ausschlaggebende Faktoren zur Erschließung der Vorkommen.

Chancen des Meeresbergbaus

„Die Lage hat sich verschlechtert, die Existenz einiger Unternehmen ist gefährdet.“ Diese Aussage traf erst kürzlich der Präsident des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI), Hans-Peter Keitel. Auslöser für diese besorgniserregende These ist die stetig wachsende Nachfrage nach Rohstoffen seitens der deutschen Industrie. Jährlich werden Rohstoffe im Wert von 80 Milliarden Euro aus dem Ausland importiert – Tendenz steigend.

Gründe für die weltweit steigende Rohstoffnachfrage und die damit verbundene Preiserhöhung sind zum einen dem enormen Rohstoffbedarf aufstrebender Schwellenländer, wie China oder Indien, zuzuschreiben; zum anderen erhöht die Rohstoffknappheit durch fortschreitenden Abbau der auf dem Festland lagernden fossilen Rohstoffe den Rohstoffpreis.

Aktuelle Vorschläge seitens der deutschen Regierung zur Sicherung des Rohstoffbedarfs der deutschen Industrie erscheinen wie ein Tropfen auf den heißen Stein. So sieht der Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, Rainer Brüderle, im Recycling die „wichtigste heimische Roh-



An sogenannten Schwarzen Rauchern entstehen sulfidische Lagerstätten in der Tiefsee
Foto: MARUM

stoffquelle“ und will die Bürger zum Sammeln von Elektroschrott anhalten. „Was technisch zum alten Eisen zählt, gehört noch lange nicht auf den Müll“, sagt Brüderle.

Zwar kann man sich der Wahrheit in dieser Aussage nicht verschließen, so werden bereits seit Jahren durch das Recyceln alter Platinen Edelmetalle wie Gold, Kupfer oder Platin zurückgewonnen, doch kann allein durch Recyceln der Rohstoffbedarf der Industrie nicht gedeckt werden.

Bereits heute betragen die Bestellfristen für einfachen Schiffbaustahl mehrere Monate, wohingegen früher die Beschaffung deutlich kurzfristiger geplant werden konnte. Die steigende Nachfrage auf dem Weltmarkt nach Stahl lässt die Wartezeiten immer weiter steigen. Mit höherwertigen Legierungen oder Metallen verhält es sich ähnlich. Nicht nur der erhöhte Planungsaufwand im Vorfeld stellt eine Herausfor-

derung für die Betriebe dar. Viel schwerwiegendere Probleme entstehen, wenn das gelieferte Material nicht von gewünschter Qualität oder in unzureichender Menge eintrifft. Solche Engpässe können zu zeitlichen Verzögerungen im gesamten Bau führen und hohe Strafen infolge nicht erfüllter Abliefertermine mit sich bringen.

Um die Abhängigkeit der deutschen Industrie vom Weltmarkt und den rohstoffreichen Ländern zu lösen, müssen neben dem Recycling von Elektroschrott noch andere Wege gefunden werden. Ein vielversprechender Weg scheint die Erschließung von marinen mineralischen Rohstoffen zu sein. Viele dieser Vorkommen finden sich in der Tiefsee außerhalb der 200 Seemeilen-Zone und gehören somit nicht mehr zum Staatsgebiet der Anrainerstaaten. Diese Fördergebiete können erworben und die dort vorhandenen Rohstoffe gefördert werden. Marine minera-

liche Rohstoffvorkommen weisen oftmals einen hohen Gehalt an Edelmetallen auf. Besonders die Metall- und Elektroindustrie ist auf diese Rohstoffe angewiesen.

Marine mineralische Rohstoffvorkommen

Das Meer bietet eine Vielzahl Ressourcen, deren Abbau attraktiv erscheint. Bereits seit Jahrzehnten werden sulfidische Erzschlämme, Sand und Kies, Diamanten sowie Seifen gefördert. Weitere wirtschaftlich interessante Vorkommen bilden Manganknollenvorkommen, Mangankrusten, Massivsulfide und Phosphoritvorkommen. Sulfidische Vorkommen finden sich in der Tiefsee, Diamanten, Sand und Kies, Seifen und Phosphoritvorkommen finden sich vorwiegend im Schelfgebiet.

Sulfidische Vorkommen

Den sulfidischen Vorkommen werden sulfidische Erzschlämme sowie Massivsulfidvorkommen zugeordnet. Sulfide sind mineralische Verbindungen mit Schwefel. Diese Lagerstätten werden auch als hydrothermale sedimentäre Lagerstätten bezeichnet. Erzschlamm besteht aus Erzkörnern gemischt mit Sedimenten in einer wässrigen Lösung. Hauptbestandteile des Schlammes sind Eisen, Kupfer, Zink und Mangan. Die

Zusammensetzung variiert von Vorkommen zu Vorkommen. So findet sich beispielsweise vor Zypern ein bedeutendes Kupferschlammvorkommen. Im Roten Meer befindet sich in 2000 m Tiefe das Atlantis-Tief II. In einem „Pre-Pilot-Mining-Test“ wurde 1978 durch die Preussag AG die Förderung erstmals aufgenommen. Der Schlamm hat dort eine Schichtdicke von bis zu 200 m. Forscher des Kieler Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften schätzen, dass rund 2 Mio. t Zink, 500 000 t Kupfer, 5000 t Silber sowie 50 t Gold und andere Bodenschätze in einem Gesamtwert von zirka 12 Mrd. Euro im Atlantis-Tief II lagern. Grundlage für diese Annahme bilden die Anfang 2011 im „Jeddah-Transect-Project“ gewonnen Erkenntnisse.

In Abgrenzung zum Erzschlamm bilden Massivsulfide eine Kruste am Meeresgrund. Der Metallgehalt in dieser Kruste übertrifft vielerorts den Metallgehalt fossiler Lagerstätten an Land. Charakteristisch für Massivsulfide ist der hohe Buntmetallgehalt (Kupfer, Zink) sowie die geringe Konzentration von technischen Metallen (Indium, Germanium, Wismut, Selen, Tellur). Ebenfalls finden sich in einigen Lagerstätten abbauwürdige Konzentrationen an Gold und Silber. Massivsulfide wurden bisher noch nicht industriell abgebaut. Es

werden jedoch zurzeit vielerorts Explorationen vorgenommen.

Sulfidische Vorkommen entstehen durch so genannte Schwarze Raucher. Schwarze Raucher bilden sich in vulkanisch aktiven Gebieten. Vulkanische Aktivität entsteht unter Wasser durch Verschiebungen in der Erdkruste (divergente und konvergente Plattengrenzen) und an so genannten Hot Spots. An diesen Stellen bilden sich Risse im Meeresboden, in die das Wasser eindringen kann. Dabei erhitzt sich das Wasser auf bis zu 400°C und löst beim Aufstieg feinverteilte Metalle aus dem durchflossenen Gestein. Am Meeresgrund entstehen so kleine Schornsteine, aus denen das heiße Wasser aus dem Boden tritt (Schwarze Raucher). Durch die anschließende Abkühlung des Wassers sinken die ausgespülten Metallpartikel wieder zu Boden und bilden sulfidische Lagerstätten. Diese Sedimentablagerungen wachsen mit einer vergleichsweise hohen Geschwindigkeit von bis zu mehreren Zentimetern im Jahr.

Die in Erzschlamm und Massivsulfiden gelagerten Rohstoffe können von der Metallindustrie zur Herstellung von hochlegierten Stählen genutzt werden. Metalle wie Gold oder Silber werden von der Elektroindustrie als Leitmaterial verwendet. Silber kann jedoch auch beispielsweise ▶

NAVIS IN CONTROL

The high art of dynamic positioning

See us at
NOR SHIPPING
booth B04-10

Dynamic Positioning Systems • Joystick pilots • Autopilots • Steering gear control systems

Navis Engineering Oy
Tuupakantie 3A
FI01740 Vantaa
Finland
Tel.: +358 9 250 9011
Fax: +358 9 250 9012
E-mail: headoffice@navisincontrol.com
<http://www.navisincontrol.com>

in der Medizintechnik oder in Form von Silberionen zur Trinkwasserreinigung eingesetzt werden.

Manganknollen und Mangankrusten

Manganknollen wurden bereits 1873 durch das britische Tiefseeforschungsschiff „Challenger“ entdeckt. Damals hielt man die Knollen irrträumlicher Weise für Asteroiden. 1958 ergab eine Studie der University of California, dass eine wirtschaftliche Nutzung von Manganknollen aufgrund des hohen Metallgehaltes möglich erscheint. In Folge dessen kam es 1978 zum „Pilot-Mining-Test“ im Zentralpazifik, bei dem mehrere hundert Tonnen Manganknollen gefördert wurden. Das Projekt wurde wenige Monate später aufgrund der sinkenden Rohstoffpreise wieder eingestellt.

Manganknollen findet man in der Tiefsee in Wassertiefen von 3000-6000 m. Bekannte Lagerstätten sind der Mangan-Knollengürtel im Zentralpazifik, das Peru-Becken und das Zentral Indische Becken. Im Zentralpazifik hat Deutschland bereits Lizenzen zur Exploration und Förderung von Manganknollen gekauft. Das deutsche Abbaugelände hat zusammen eine Größe von 75 000 km².

Die Entstehung von Manganknollen wurde erst letztes Jahr vom Institut für Physiologische Chemie und Pathobiochemie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz entschlüsselt. Eine spezielle Bakterie in der Tiefsee ist Auslöser für die Biomineralisation. Diese Bakterie besitzt an der Außenschicht eine zusätzliche Proteinschicht (S-Layer). Diese Proteinschicht dient dem

Schutz der Bakterie vor schädlichen Umwelteinflüssen und erlaubt die Ablagerung von Mineralien. Sinken abgestorbene Tier- und Pflanzenreste zu Boden werden diese zunächst zersetzt. Die Mineralien werden dabei im Meerwasser gebunden. Strömungen bringen diese Mineralien in kalte Gebiete, in welchen sich die Mineralien absetzen. Treffen sie dabei auf die Proteinschicht der Bakterien so beginnt die Biomineralisation und Mangan und andere Metalle werden gebunden. Den Kern bilden meist Sedimente. Die Mineralien ordnen sich, ähnlich einer Zwiebel, in Schichten um den Kern an. So entstehen Kartoffelgroße Manganknollen. Das Wachstum ist jedoch sehr gering. Gerade einmal um 3 mm wächst eine Knolle in einer Million Jahren.

Zum Großteil bestehen Manganknollen aus Sauerstoff (62 Prozent), gefolgt von Mangan (27 Prozent) und Eisen (8 Prozent). Doch gerade der geringe Restanteil von 3 Prozent Buntmetallen wie Kobalt, Kupfer und Nickel machen den Abbau der Knollen wirtschaftlich. Auch finden sich in den Knollen Spuren von Seltenmetallen wie Molybdän, Titan oder Tellur. Auf einem Quadratmeter Meeresboden finden sich in wirtschaftlichen Lagerstätten etwa 10-20 kg Manganknollen.

Mangankrusten findet man vorwiegend auf untermeerischen Rücken und Bergen in Wassertiefen zwischen 800 und 2400 m. Anders als Manganknollen bilden sich Mangankrusten nicht aufgrund von Proteinschichten eines Bakteriums. Den Biokeim für Mangankrusten bildet eine klei-



Der Anteil an Buntmetallen wie Kobalt, Kupfer und Nickel macht den Abbau der Manganknollen wirtschaftlich attraktiv

Foto: Hydromod Sercice GmbH

ne, einzellige Alge (Coccolithophoriden). Diese Algen sind von einem Kalkpanzer bedeckt und leben in einer Tiefe von etwa 100 m. Sterben die Algen ab, sinken die Kalkpanzer zum Meeresgrund und bilden durch eine chemische Umwandlung Mangan. Mangankrusten weisen im Vergleich zu Manganknollen einen höheren Edelmetall- und Kobaltgehalt auf.

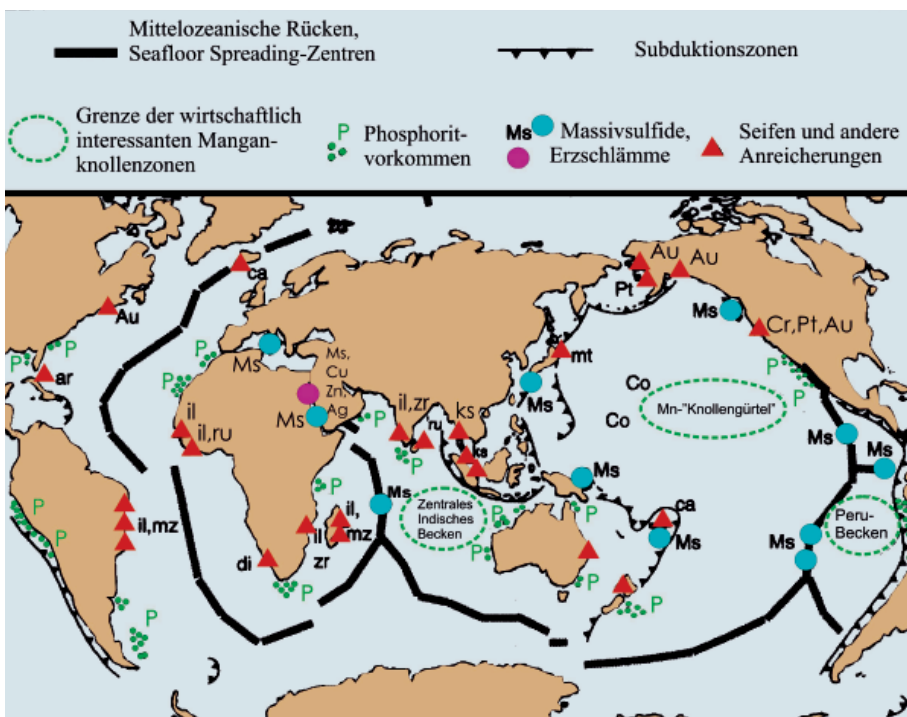
Bestandteile der Manganknollen bzw. -krusten wie Kupfer, Nickel oder Kobalt können von der Stahlindustrie zur Herstellung von hochlegierten Stählen genutzt werden. Auch Mangan kommt in der Stahlerzeugung zum Einsatz, beispielsweise zur Entschwefelung von Stahl oder zur Erhöhung der Festigkeit.

Phosphoritvorkommen

Phosphorit ist ein mineralreiches Sedimentgestein, welches sich an der Schelfkante bildet. Die Bildung von Phosphorit erfolgt sowohl biologisch als auch chemisch. An der Schelfkante steigt kaltes nährstoffreiches Tiefenwasser auf. Dies hat lokal eine gesteigerte organische Produktivität zur Folge. Im kalten Tiefenwasser ist besonders viel Phosphat löslich. Es kommt so zu einer biologischen Anreicherung von Phosphat in Phytoplankton und tierischen Exkrementen am Meeresboden. Aus Phosphorit können beispielsweise Düngemittel gewonnen werden.

Sand und Kies

Sand und Kies wird seit längerem zum Küstenschutz und als Baustoff in Schelfregionen gefördert. Die Förderung unterliegt dabei strengen Umweltauflagen. Insbesondere das hohe Lastvolumen von Schiffen macht die offshore Gewinnung von Sand und Kies lukrativ. Eine vergleichbar große Menge an Material auf dem Landweg zu gewinnen und transportieren – insbesondere an Strände zum Küstenschutz – bedeutet einen ungleich höheren Aufwand.



Weltweites Vorkommen mariner Rohstoffe

Quelle: BGR

Seifen und marine Diamantvorkommen

Unter Seife versteht man in der Lagerstättenkunde Anreicherungen von Mineralien in Sedimenten wie Sand und Kies. Es gibt verschiedene Entstehungsprozesse für Seifen, die an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden. Hervorzuheben sind jedoch Strandseifen. Diese Seifen entstehen durch Gezeiten, Meeresströmungen und Wellenschlag. Nennenswert sind hier die Goldseifen in Alaska oder auch die Diamantseifen an der Küste Namibias. Vor der Küste Namibias haben sich die Diamantseifen bereits zu einer Dicke von mehreren Metern am Meeresboden abgelagert. Hinzu kommt, dass in Namibia Diamanten aus der Oranje an die Küste geschwemmt werden. Diese Anreicherungen von Diamanten in Flüssen werden als Flussseifen bezeichnet.

Exploration

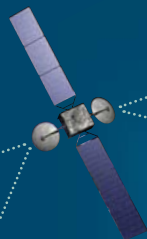
Entscheidend zur Beurteilung eines Vorkommens ist die Exploration der Lagerstätte. Früher wie heute werden Stichproben aus Rohstofffeldern entnommen. Oftmals geschieht dies mittels Kastengreifern. Dieses Verfahren ist jedoch aufwendig und nur bedingt effizient, da das Ergebnis zufalls-

gesteuert ist. In Schelfgebieten ist diese Methode dennoch eine moderate Alternative. Um effizient in der Tiefsee Lagerstätten zu erkunden, müssen andere Methoden angewendet werden. Zu Forschungszwecken erfolgt die Exploration oftmals mit schiffgestützten Unterseebooten. Diese entnehmen Bodenproben, die später analysiert werden können. Doch auch diese Methode ist zeit- und kostenintensiv. Für Manganknollen bietet sich ein anderes Verfahren an. So wurde festgestellt, dass Manganknollen und auch -krusten eine spezifische Rückstrahlung für Echolotsysteme aufweisen. Mit autonom arbeitenden Unterseebooten könnte somit ein Manganknollenfeld schnell und effizient exploriert werden. Massivsulfide können ebenfalls günstig mit Unterseebooten exploriert werden. Hierbei müssen die Unterseeboote mit Wärmesensoren ausgestattet sein, um Schwarze Raucher detektieren zu können. Entscheidend für den Meeresbergbau ist auch die Qualität der Seekarten. Heutige Seekarten wurden zumeist von Schiffen aufgenommen. Diese Karten weisen eine zu geringe Auflösung in der Tiefsee auf. Es gibt bereits Systemlösungen, die in der Lage sind präzise Unterwasserkarten zu erstellen. Ein Beispiel hierfür ist ABE (Autonomous

Benthic Explorer). ABE wurde vom Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) entwickelt und gebaut und wird seit Mitte der 90er von der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) zum Kartographieren des Meeresbodens eingesetzt. ABE ist dabei in der Lage auf einer vorprogrammierten Route den Meeresboden abzufahren und mittels Echolotsystem, Gas- und Hitzesensoren zu vermessen.

Fördertechniken

In manchen Gebieten wird Meeresbergbau bereits seit Jahrzehnten betrieben. Die Erschließung großer Vorkommen in der Tiefsee rückt jedoch erst seit der Erhöhung der Rohstoffpreise in den Fokus der Industrie. 1978 wurden erstmals Manganknollen im Zentralpazifik gefördert. Damals wurden die Knollen mithilfe eines Saugers vom Boden gesammelt. Hierbei haben Kreiselpumpen die Knollen samt Sedimenten auf ein Förderschiff gepumpt. Noch 30 Jahre nach dem „Pilot-Mining-Test“ sieht man die Spuren, die die Förderung 1978 verursacht hat. So hinterließen die Sauger beim Abbau tiefe Furchen im Meeresboden. In Folge dessen forderten Umweltschützer einen schonenden Abbau. Diese ▶



Unlimited usage for
a fixed monthly price

@SEAdirect from Marlink
Satellite communications designed
for business and crew – at a cost
designed for owners



@SEA
direct

Global VSAT from
\$1,550
per month

www.marlink.com

For further information contact our Hamburg office

hamburg@marlink.com

Tel +49 40 410 0480 · Fax +49 40 410 04840

MARLINK



„Debmar Atlantic“ – ein speziell für den Diamantenabbau konzipiertes Schiff

Foto: Aker Wirth

Forderung schränkt die Wahl des Abbaufahrens ein. Ursprünglich wurde überlegt, die Manganknollen mithilfe von Eimerkettenbaggern zu fördern. Dies hätte jedoch eine starke Aufwirbelung von Sedimenten zur Folge, deren Einfluss auf die Umwelt nicht abschätzbar ist. Eine Schwäche des bereits angewandten Saugverfahrens ist das Mitfördern von großen Mengen an Sedimenten. Zwar ist es technisch möglich, den Saugkopf an eine Raupe zu installieren, die dann schonender über den Meeresboden fährt, jedoch müssten die Sedimente wieder zurückgeführt werden. Es muss folglich nach einer Lösung gesucht werden, die die Knollen möglichst schon am Meeresgrund vom Sediment löst. Es gibt erste Entwürfe, die eine Rüttelmaschine vorsehen, die die Knollen am Meeresgrund von Sedimenten löst. Die Knollen können anschließend nach oben gepumpt werden. An Fahrzeuge am Meeresboden werden besondere Anforderungen gestellt. Zunächst müssen Forderungen, die das Fahrzeug tiefseetauglich machen, erfüllt werden. Hierzu gehören beispielsweise möglichst große Wartungsintervalle, eine geeignete Fernsteuerung, etc. Außerdem muss speziell beim Abbau von Manganknollen darauf geachtet werden, dass die Fahrzeuge nicht zu schwer werden, beziehungsweise ihr Gewicht gut verteilt in den Boden einleiten. Der Boden, auf den sich Manganknollen bilden, ist

ein sehr lockerer und weicher Sedimentboden. Es besteht die Gefahr, dass die Fahrzeuge einsinken oder sich festfahren. Um dem entgegen zu wirken, werden aktuell ABS-Systeme aus der Automobilindustrie bei Unterwasserfahrzeugen erprobt. Die Aker Wirth GmbH, die bereits Erfahrungen beim marinen Diamantenabbau vor Afrika gesammelt hat, ist derzeit führend in der Entwicklung von Systemen zur Förderung von Manganknollen. Der Vollständigkeit halber soll noch erwähnt werden, dass es auch Überlegungen gab, mit Schleppnetzen Manganknollen zu fördern. Diese Lösung wurde jedoch verworfen. So kommt es bei dieser Methode zu starken Aufwirbelungen von Sedimenten und zu einer Beschädigung des Meeresbodens, deren Auswirkungen auf die Pflanzen- und Tierwelt nicht kalkulierbar sind. Andere marine mineralische Vorkommen, wie Massivsulfide oder Mangankrusten, können mithilfe von Bohrern und Saugbaggern erschlossen werden. Cutterbagger, die einen Fräskopf am Kopf der Saugleitung haben, bilden ein mögliches System zum Abbau. Erzschlämme können, abhängig von der Konsistenz, auch mit Hopperbaggern mit einem Schleppkopf am Ende der Saugleitung gefördert werden. Oftmals befinden sich die Vorkommen jedoch in so großen Tiefen, dass erst Systemlösungen mit bodengestützten Fahrzeugen

entwickelt werden müssen, um einen wirtschaftlichen Abbau zu ermöglichen. Eine erwähnenswerte Besonderheit stellt der Diamantenabbau dar. So können diese Lagerstätten zwar mit Cutterbaggern erschlossen werden. Eine andere Lösung entwickelte die Firma Aker Wirth GmbH, die zu diesem Zweck ein Bohrschiff konstruierte. Das Bohrschiff wird mittels Ankerwinden über einer Position platziert. Dann wird ein Großlochbohrmeißel mit einem Durchmesser von sieben Metern mit dem Bohrgestänge zum Meeresboden gebracht. Anschließend wird ein Bohrloch bis zu einer vordefinierten Tiefe abgebohrt, und dabei das gelöste Material mittels Airliftsystem an Bord des Bohrschiffes gefördert. Im Anschluss wird der Bohrer bis knapp über den Meeresboden hochgezogen, und das Schiff wird versetzt, um eine neue Bohrung zu starten. Dieses System hat sich als äußerst wirtschaftlich erwiesen. Generell ist beim Abbau von marinen mineralischen Vorkommen darauf zu achten, dass mitgeführte Sedimente nicht über Bord gehen. Eine sedimentarme Förderung ist zu bevorzugen. Als beim „Pilot-Mining-Test“ 1978 der Schlamm wieder zurück ins Wasser gepumpt wurde, bildete sich eine trübe Wolke, die den lokalen Lebewesen das Licht nahm. Diese Wolke breitete sich weit im Ozean aus und begrub Lebewesen und Korallenbänke unter sich. Ähnliches war vermutlich

im Golf von Mexiko – infolge der Ölpest nach dem Untergang der Deep Water Horizon – zu beobachten.

Umweltschutz

Bereits bei der Fördertechnik liegt ein Augenmerk auf der Schonung der Umwelt. Doch es sollen noch ein paar weitere Schutzmaßnahmen genannt werden. So wurde in einer Konvention beschlossen, lediglich Massivsulfide an bereits erloschenen Schwarzen Rauchern zu fördern, da in dieser Umgebung kaum Leben im Meer zu finden ist.

Zum Abbau von Manganknollen wurde, nachdem in den Lagerstätten Leben gefunden wurde, beschlossen, dass zwischen den Fördergebieten Rückzugszonen für die Lebewesen geschaffen werden sollen. In diesen Zonen darf kein Abbau stattfinden. Die Meeresbiologen erhoffen sich so, dass die Lebewesen sich zurückziehen können und nach dem Abbau der Knollen wieder die Abbaugebiete besiedeln können. Diese und andere Leitlinien zum umweltschonenden Abbau mariner mineralischer Vorkommen sind sinnvoll, da bei dem heutigen Forschungsstand keine verlässlichen Abschätzungen über die Folgen der Zerstörung des Lebensraumes in der Tiefsee getroffen werden können. „Worst-Case“-Szenarien prophezeien den Zusammenbruch des Weltklimas durch den Zusammenbruch wichtiger Ökosysteme in der Tiefsee. Nur durch weitere Bemühungen in der Tiefseeforschung und einen geregelten Abbau lassen sich solche Szenarien verhindern. Denn noch immer ist die Rückseite des Mondes besser erforscht als die Tiefsee.

Der Autor:
Sebastian Scholz, Student im integrierten Diplomstudiengang Maschinen- und Anlagenbau mit dem Schwerpunkt Schiffstechnik am Institut für Schiffstechnik, Meerestechnik und Transportsysteme (ISMT) an der Universität Duisburg-Essen

**Einfach zurückfaxen an:
+49/40/237 14-104!**

Schiff&Hafen
THE PUBLICATION FOR SHIPPING, OFFSHORE & MARINE TECHNOLOGY

DVV Media Group GmbH
Vertriebsservice
Postfach 10 16 09
D-20010 Hamburg

Ja, ich möchte 2 Ausgaben Schiff&Hafen testen

Die Zeitschrift für die maritime Branche - Mit hoher fachlicher Kompetenz informiert Schiff&Hafen monatlich in den Rubriken „Schifffahrt & Häfen“, „Schiffbau & Schiffstechnik“, „Offshore & Meerestechnik“ sowie „Schiffsführung & Kommandobrücke“ über aktuelle Trends und Neuentwicklungen aus allen Bereichen der maritimen Wirtschaft. Für Fach- und Führungskräfte aus Reedereien, Werften und maritimen Zulieferern ist Schiff&Hafen als eine der führenden Fachzeitschriften Pflichtlektüre. **Schiff&Hafen Online-Archiv:** Abonnenten haben unter <http://www.schiffundhafen.de/archiv> kostenlosen Zugriff auf alle Artikel seit 1946.

Bitte senden Sie die kostenlosen Testausgaben von Schiff&Hafen an:

per E-Mail  oder per Post 

Oder sichern Sie sich online Ihr Probeabo: <http://www.schiffundhafen.de/index.php?id=298>

Firma	

Branche	

Abteilung	

Vor-/Nachname	

Telefon / Fax	

E-Mail	

Straße	

PLZ, Ort, Land	

Datum / Unterschrift	SHF_ON_1102

Hinweis:

Wenn **Schiff&Hafen** meinen Erwartungen entspricht, brauche ich nichts zu tun. Ich erhalte nach den beiden kostenlosen Probeausgaben **Schiff&Hafen** automatisch im Abonnement. Möchte ich **Schiff&Hafen** anschließend nicht weiter beziehen, teile ich es Ihnen eine Woche nach Erhalt der zweiten Ausgabe mit.

Schiff&Hafen erscheint monatlich zum Abopreis von jährlich € 188,- frei Haus, zzgl. MwSt., im Ausland zzgl. Porto. Die Mindestbezugszeit ist ein Jahr. Abbestellungen sind möglich zum Ende eines Berechnungszeitraumes mit einer Frist von 6 Wochen. Wenn Sie Ihr Abonnement nicht innerhalb der Kündigungsfrist abbestellen, verlängert sich dieses um ein Jahr.

Verlagsgarantie: Mir ist bekannt, dass ich diese Bestellung innerhalb von 14 Tagen bei der DVV Media Group GmbH, Nordkanalstr. 36, 20097 Hamburg widerrufen kann.



Exklusiv für Abonnenten **Das Schiff&Hafen Archiv**

Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Archiv unter
www.schiffundhafen.de/archiv

Kontakt: Tel. +49(0)40/237 14 292 • E-Mail: service@schiffundhafen.de



**60 Jahre
maritimes
Fachwissen
online
verfügbar**