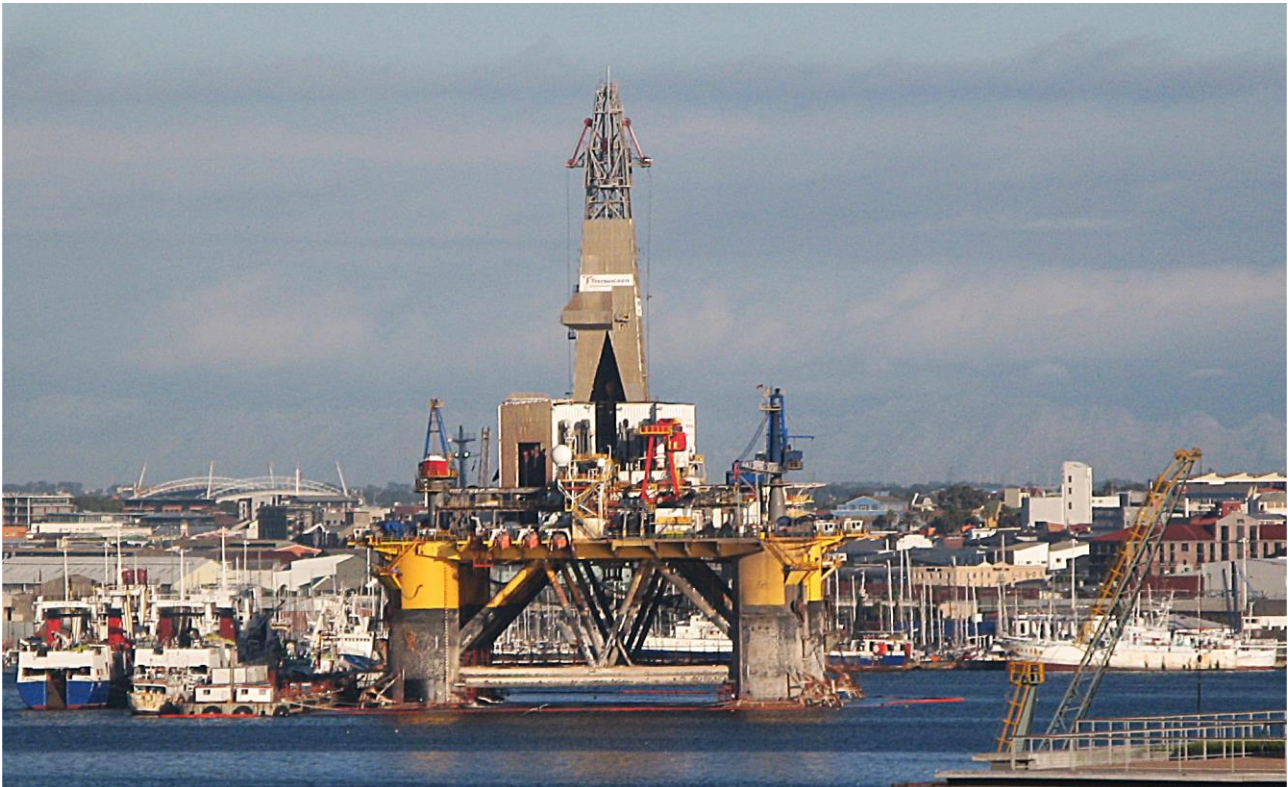


Rohstoffgewinnung aus den Meeren



Durch die Weiterentwicklung der Bohr- und Fördertechnik können heute mit modernen Plattformen Bohrungen auch in großen Wassertiefen und bis in große Bohrtiefen abgeteuft werden. Auch das Fördern von Erdöl und Erdgas ist mit den modernen Techniken aus großen Meerestiefen bis über 2.000 m möglich.

Auch auf und teilweise weit unter den derzeitigen Meeresböden gibt es Lagerstätten. Das Ausbeuten solcher Rohstofflager ist technologisch anspruchsvoll. Die Ansprüche an das Wissen um die Techniken und um die Folgen einer Gewinnung dieser verschiedenartigen untermeerischen Rohstoffe steigen, mit der Zunahme der jeweiligen Meerestiefe aus der solche Rohstoffe gewonnen werden sollen, exponential an. Da sich die Rohstoffe, die entsprechenden Lagerstättentypen und die zur Rohstoffgewinnung einsetzbaren Techniken mit ihren jeweiligen Auswirkungen auf die untermeerische Umgebung stark unterscheiden, werden sie auch in diesem Aufsatz jeweils eigenständig beschrieben.

Lagerstätten tief unter dem Meeresboden: Erdöl- und Erdgas

Vor über 100 Jahren wurde in den USA begonnen, Öl aus dem Meer zu gewinnen. Küsten-nahe Lagerstätten in Flachwassergebieten wurden zuerst erschlossen. Mit der Zeit wur-

den einerseits die Wassertiefen größer und die Bohrungen drangen tiefer in den Untergrund vor. Heute sind viele Flachwassergebiete bereits ausgebeutet. Man nimmt an, dass heute etwa 900 große Plattformen auf hoher See arbeiten. Mit steigendem Ölpreis wird auch ein Erschließen von Lagerstätten wirtschaftlich interessant, die in sehr tiefen Meeresbereichen liegen. Auch die Weiterentwicklung der Bohr- und Fördertechnik befördert diese Entwicklung.

Trotz aller Bemühungen, den Verbrauch von Öl und Gas zu drosseln, ist dieser - global gesehen - weiter auf etwa 7.000 Mio. t Öleinheiten oder 57% des gesamten Primärenergieverbrauchs angewachsen. Als Hauptgründe werden das Bevölkerungswachstum und die fortschreitende Industrialisierung der Schwellenländer angegeben. Diese Entwicklung wird noch weiter anhalten.

Die Ölförderung selbst betrug im Jahr 2011 global etwa 4 Mrd. t. Davon stammte ein Anteil von 12% aus Wassertiefen bis 200 m. Hauptverbraucherstaaten sind die USA, China, Japan und Indien. Auf Deutschland, das an 8. Stelle stand, entfielen 2,8 % dieser Menge. Die entsprechende Gasförderung lag bei 3,4 Mrd. m³. Hauptverbraucher waren die USA, die Russische Föderation, Iran und China. Deutschland, das wiederum an 8. Stelle stand, bezog einen Anteil von 2,5 %.

Weltweit sollen noch ausreichende Vorräte vorhanden sein. Allein die bisher explorierten neuen Öllagerstätten sollen 585 Mrd. t enthalten. Es wird daher nicht damit gerechnet, dass die Spitze der Ölförderung bald erreicht sein wird. Diese Entwicklung ist vor allem dem Ausmaß des Frackings geschuldet. Heute stammen 37% der weltweiten Förderung von Erdöl aus Offshore-Bohrungen.

Dieser Anteil dürfte sich künftig weiter erhöhen, weil die Förderstätten an Land kaum mehr ausgeweitet werden können und sich teilweise langsam erschöpfen. Die Ozeane dagegen weisen noch enorme Vorräte auf – allerdings vor allem auf hoher See. Allein in der Zeitspanne zwischen den Jahren 2007 und 2012 wurden 481 größere Felder gefunden, die meist im Tief- und Tiefstwasserbereich liegen. Bei steigendem Ölpreis könnte sogar das Fracking in der Tiefsee noch Realität werden, sofern dort entsprechende ölhaltige Schiefer mit der notwendigen Mächtigkeit gefunden werden.

Beim Erdgas wird der Anteil an Reserven und Ressourcen im Jahr 2011 noch deutlich höher, nämlich auf 772 Billionen m³ geschätzt. Die bekannten, aber noch nicht genutzte Anteile sollen sogar 577 Billionen m³ betragen. Dies bedeutet, dass die Versorgung mit Gas deutlich über das Jahr 2035 hinaus gesichert ist. Ähnlich wie beim Erdöl lagern noch gewaltige Gasmengen in großer Wassertiefe und tief unter dem jeweiligen Ozeanboden.

Obwohl die Förderrate in den letzten Jahrzehnten gestiegen ist, ging die Ölverschmutzung der Meere wegen verschärfter Auflagen und Kontrollen zurück. Dennoch ist diese in stark befahrenen Regionen noch relativ hoch.

Insgesamt gesehen spielen Unfälle bei der Ölverschmutzung der Meere mit etwa 10% Anteil an der Verschmutzungsmenge eine vergleichsweise geringere Rolle. Sie sind jedoch in jedem Falle äußerst negativ für die betroffene Ökoregion. Es ist wichtig, In diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass Ölundfälle in kälteren oder gar arktischen Regionen besonders gravierende Folgen haben. Hier handelt es sich in aller Regel um höchst empfindliche Lebensräume. Auch verlangsamt sich der Ölabbau durch Bakterien sehr stark bei niedrigen Temperaturen oder wird unter Umständen sogar ganz eingestellt. Hinzu kommt, dass die technischen Anforderungen und damit die Probleme für die Förderung und den Transport des Öls in arktischen Regionen besonders hoch sind. Zudem lässt sich eine Ölverschmutzung im Eis kaum oder nur unter großen Schwierigkeiten bekämpfen. Daher sind die Umweltschutzverbände weltweit dafür, diese Zonen unter rigorosen Schutz zustellen.

Die Hauptgefahren bei der Offshore-Gewinnung liegen eindeutig in einer schleichenden Verölung der Ozeane durch die Bohrseln (ca. 45% Anteil) und den Schiffsverkehr (35% Anteil). Die jährlich langsam eingetragene Ölmenge wird insgesamt auf mehr als 1 Mio. t geschätzt.

Ökologische Probleme bereitet auch das Einlagern von austretendem Öl in die Meeresböden, wodurch die dortigen, ausgesprochen speziellen Ökosysteme geschädigt oder gar abgetötet werden. Besonders negativ allerdings wirkt sich diese Verschmutzung auf die Salzwiesen und Mangrovenwälder aus. Beide Lebensräume umfassen spezifische, eng angepasste Ökosysteme und sind ausgesprochen artenreich. Besonders gefährdet sind im Meer lebende Tiere und Wasservögel. Bei Pflanzen verhindert eine, wenn auch sehr feine, Ölschicht den lebensnotwendigen Gasaustausch der Blätter. Auch wird der Nährstofftransport durch die Wurzeln gestört bis verhindert. Fische nehmen die Giftstoffe einerseits durch die Kiemen auf, die dann leicht verkleben, und andererseits mit der Nahrung. Daher werden alle Tiere vergiftet, die sich vor allem durch das Filtern des Wassers ernähren, wie beispielsweise die Muscheln. Sollten diese Schadstoffe nur in geringen Mengen aufgenommen werden, sind doch gravierende genetische Schädigungen oder zumindest Orientierungsverluste zu erwarten.

Ursache der Verölung sind Unfälle bei der Förderung und beim Transport des Erdöls, vor allem aber die schleichende Ölbelastung der Meere durch den Betrieb der Bohrseln und des Schiffsverkehrs. Diese Unfälle werden sehr häufig durch menschliche Überforderung oder Versagen verursacht. Die eigentliche Ursache jedoch, die diesen „Ölrausch“ verursacht und weitertreibt, ist unser profitorientiertes Wirtschaftssystem, das wiederum durch unser meist unreflektiertes Konsumverhalten befeuert wird. Diese Entwicklung wird sich nicht selbst bremsen, so lange noch ausreichende Ressourcen zur Verfügung stehen und die Preise für die breite Masse der Menschen noch erschwinglich sind.

Sie kann nur gebremst werden durch entsprechende Verbote, die strikt überwacht und hoch sanktioniert werden müssen. Auch müssen Verständnis für diese rigorosen Ein-

schnitte bei den Konsumenten geweckt und zudem akzeptable Alternativen angeboten und finanziell ermöglicht werden. Ansonsten ist die Klimakatastrophe mit Sicherheit nicht mehr aufzuhalten.

Daher sollte einer Ausweitung der Offshore-Aktivitäten mit aller Kraft entgegengetreten werden. Auch ist der absolute Schutz der ökologisch besonders gefährdeten Arktis durch eine internationale Konvention auf UN- und zwischenstaatlicher Ebene endlich zu sichern. Aus ökologischer Sicht ist die Ausbeutung der dort lagernden Bodenschätze generell zu verbieten. Auch sollten unbedingt ausreichend große Meereschutzgebiete in ökologisch sensiblen Ozeanbereichen ausgewiesen werden.

Selbstverständlich müsste die Verpflichtung zum höchsten Stand der Technik sowie zum Einhalten strengster Sicherheitsmaßnahmen sein. Auch müssten die Mannschaften auf den Transportschiffen nicht mehr, wie dies teilweise noch heute geschieht, unter ausschließlichen Kostengesichtspunkten bunt zusammengewürfelt und schlecht qualifiziert und ausgebildet sein. Eine eindeutige, lösungsorientierte und störungsfreie Kommunikation zwischen Leitung und Dienstleister muss sichergestellt werden. Die Konfliktlinie verläuft allerdings immer noch zwischen optimaler Vorsorge und dem Streben nach Gewinnmaximierung – und dies vor allem in den Entwicklungs- und Schwellenländern.

Bei Unfällen sind auch heute meist die Ölteppiche das Hauptproblem. Trotz aller technischen Fortschritte sind sie alles andere als einfach zu bekämpfen. Daher ist es auch besonders wichtig, entsprechenden Wert auf Vorsorge und die Vermeidung von Unfällen zu legen. Eine neuere Bekämpfungsmöglichkeit stellen Dispergatoren dar. Sie enthalten Tenside, die den Ölteppich in feine Tröpfchen aufzulösen vermögen. Diese sogenannten Micellen können von Bakterien wesentlich leichter als kompakte Teppiche abgebaut werden. Allerdings wirken manche Tenside auch giftig und sind daher ihrerseits unter ökologischem Aspekt als problematisch anzusehen.

Die internationalen Vereinbarungen und Vorschriften zum Schutz der Meere wurden in den letzten Jahrzehnten ausgeweitet und auf Unfälle hin ausgerichtet. In diesem Zusammenhang ist an erster Stelle die Verstärkung der Sicherheit der Bordwände zu nennen. Beim Bau von Tankschiffen sind heute Doppelhüllen vorgeschrieben.

Die wichtigsten internationalen Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe sind die MARPOL-Abkommen (1973/1978). Auf diese Vereinbarungen wird in diesem Internetauftritt im Aufsatz „[Verschmutzung der Ozeane](#)“ verstärkt eingegangen. Sie ermöglichen auch das Ausweisen von Schutzgebieten, in denen der Verkehr von Tankschiffen ganz oder teilweise untersagt ist.

Ein Meilenstein war das Ölverschmutzungsgesetz OPA (Oil Pollution Act) der USA von 1990. Es stellt hohe Anforderungen an die Ausstattung und den Betrieb der Tankschiffe. Jedes entsprechende Schiff, das US-amerikanische Gewässer befährt, wird nach den

Vorgaben von OPA regelmäßig streng überprüft. Inzwischen haben viele dieser Vorschriften wie beispielsweise die Anforderungen an die Funktechnik und an Schiffserkennungssysteme international Gültigkeit gewonnen.

1994 wurde der ISM-Code (International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention) von der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO, London) verabschiedet. Er betont beispielsweise die Bedeutung einer qualifizierten, zielgerichteten Ausbildung der Schiffsbesatzungen und schreibt regelmäßige Notfallübungen vor. Klare Strukturen und Vorgehensweisen für den Ernstfall sowie die unerlässliche eindeutig festgelegte internationale Abstimmung bei Bekämpfungsmaßnahmen wurden so auch für Einsätze in den nationalen Hoheitsgewässern geschaffen.

Heute existieren für zahlreiche Regionen auch internationale, den einzelstaatlichen Bereich überschreitende Vereinbarungen. Sie bilden die Grundlage für die alljährlichen mehrtägigen Ölbekämpfungsübungen. Im Nordseeraum arbeiten alle Anrainerstaaten im Rahmen von Bonnex (Bonn Convention Exercise), im Ostseebereich dagegen im Rahmen von Balex (Baltic Exercise) zusammen. Ähnliche Vereinbarungen finden sich in vielen Weltregionen.

Allerdings sind die Umstände in vielen Regionen und hier leider auch im Bereich der Öl exportierenden Entwicklungsländer deutlich weniger befriedigend. Genannt werden ein Mangel an Spezialschiffen sowie an technischer (Notfall)-Ausrüstung. Auch existieren häufiger keine oder ziemlich mangelhafte Notfallpläne.

Seit den 1980er Jahren (Ostsee 1983, Nordsee 1999) sind regelmäßige Überwachungsflüge und eine gezielte Satellitenbeobachtung eingerichtet worden. Diese Maßnahmen, die in erster Linie der strafrechtlichen Verfolgung von Umweltsündern gilt, sind heute weltweit der Normalfall. Inzwischen zeigen sie auch dank der relativ hohen Strafen zunehmend Wirkung.

Eine wesentliche Gegenmaßnahme ist jedoch in einer grundsätzlichen Änderung unseres Verhaltens zu sehen. Man sollte sich wirklich ernsthaft prüfen, auf welchen Einsatz von Öl oder Gas man in welchem Umfang wirklich angewiesen ist – ob beim Heizen, ob im Verkehr oder auch bei chemisch hergestellten Stoffen! Jetzt ist noch die Chance gegeben, verhältnismäßig problemlos umzusteuern. Bei einem „Weiter so!“ wird die nächste und übernächste Generation mit drakonischen Eingriffen in ihren Lebensstil rechnen müssen. Unser Motto kann und darf nicht sein: „Nach uns die Sintflut“!

Lagerstätten am Meeresboden: Verschiedene Metalle, Baurohstoffe

In den kommenden Jahrzehnten werden Staaten und Industriekonzerne dazu übergehen, metallhaltige Mineralien in großem Stil auch aus der Tiefsee zu fördern. Dabei stehen die drei Gruppen Manganknollen, Kobaltkrusten und Massivsulfide im Zentrum der Aktivitäten. Diese Vorkommen sind zusätzlich interessant, weil sie außer den namengebenden Metallen auch ziemlich große Mengen an wirtschaftlich bedeutenden Metallen

aufweisen. Diese übertreffen sogar in vielen Fällen deutlich die bisher bekannten Mengen an Land. In den letzten 15 Jahren stiegen die spezifischen Rohstoffpreise stark an. Diese Preissteigerung wird vor allem auf die enorm gestiegene Nachfrage aus China und den Schwellenländern zurückgeführt. Dadurch könnte der technisch schwierige Abbau, der mit sehr hohen Kosten verbunden ist, in absehbarer Zeit wirtschaftlich werden.

Die zwei wichtigsten Gründe für die steigende Nachfrage nach diesen Metallen sind: Neue Hightech-Anwendungen wie beispielsweise beim Smartphone sowie die beherrschende Marktposition Chinas bei bestimmten Metallen. Aus diesem Grunde streben einige Länder eigene Schürflizenzen an. So gibt es bereits Lizenzgebiete für den industriellen Abbau von Manganknollen im zentralen Pazifik und für denjenigen von Massivsulfiderzen im Indischen Ozean. Deutschland und die EU planen beispielsweise Programme für einen Testlauf, der wissenschaftlich begleitet werden soll. Und rohstoffarme Länder reservieren sich ebenfalls große Meeresflächen.

Zum Abbau von Manganknollen

Bei Manganknollen handelt es sich um klumpenförmige Gebilde, die um einen Kristallisationskern schalenförmig herum aufgebaut sind. Diese Knollen sind auch deshalb wirtschaftlich interessant, da sie neben Mangan (27%) auch eine Reihe sonstiger wichtiger Metalle enthalten: Beispielsweise Eisen (15%), Kupfer (3%) sowie Kobalt, Zink und Nickel (insgesamt 8%). Die Knollen bedecken Hunderttausende von km² des Tiefseebodens und werden meist zwischen 4.000 und 6.000 m Meerestiefe gefunden. Die eindeutigen Schwerpunktregionen liegen im Pazifik, weniger im Indischen Ozean. In ersterem befinden sich drei große Gebiete, im Indik nur ein großes Gebiet.

Derzeit werden folgende mögliche Abbaufelder als besonders ergiebig betrachtet:

- Die Clarion-Clipper-Zone (CCZ) ist mit einer Ausdehnung auf 9 Mio. km² die mit Abstand größte Lagerstätte. Es werden dort durchschnittlich 15 kg Manganknollen pro m² vermutet, was einer Gesamtmenge von 2,1 Mrd. t entsprechen dürfte.
- Das Perubecken ist etwa halb so groß wie die CCZ. Dort wird mit einer Knollenmenge von etwa 10 kg/m² gerechnet.
- das Penrhyn-Becken mit 750.000 km² Größe soll in größeren Bereichen mit bis zu 25 kg/m² besonders ergiebig sein.
- das Zenhalc-Feld im Indischen Ozean ist in etwa gleich groß wie das Penrhyn-Becken. Allerdings weist es durchschnittlich nur eine Menge an Manganknollen von etwa 5 kg/m² auf.

Lediglich das Penrhyn Becken liegt weitgehend in der "Ausschließlichen Wirtschaftszone" (AWZ) und damit im Bereich der "200-Meilen-Zone". Die drei anderen denkbaren Abbaufelder liegen dagegen im Bereich der Hohen See. Für die AWZ sind die jeweiligen staatlichen Stellen zuständig, für die Hohe See die International Seabed Authority (ISA, Kingstone). Für Prospektion und Abbau ist eine Lizenz der ISA erforderlich. Dabei ist zu

beachten, dass die Gewinne aus diesen Abbauaktivitäten als gemeinsames Erbe der Menschheit betrachtet und gerecht verteilt werden sollen. Vor allem soll verhindert werden, dass ärmere Staaten von diesen Erträgen ausgeschlossen werden.

Die erste Förderung begann 1978. Im Rahmen eines Pilotprojektes wurden mehrere 100 t Manganknollen aus über 5000 m Tiefe heraufgeholt. Die deutsche AMR-AG (Arbeitsgemeinschaft Meerestechnisch Gewinnbare Rohstoffe - AMR, RFA) war bei diesem internationalen Konsortium beteiligt. Das Ergebnis dieser Untersuchung war durchaus positiv, allerdings lag es noch nicht im Bereich der Wirtschaftlichkeit. Da mit steigenden Preisen auch ein wirtschaftlicher Abbau gegeben sein dürfte, hat sich neben anderen Staaten auch Deutschland eine Meeresfläche von 150.000 km² für den Manganerz-Abbau gegen Lizenzgebühren reservieren lassen. Von dieser Fläche darf nur die Hälfte genutzt werden. Die anderen 75.000 km² sollen nach einer Vorerkundung für ärmere Staaten reserviert bleiben. Bisherige weitere Lizenznehmer sind China, Frankreich, Indien, Japan, Russland, Südkorea und Interoceanmetal Joint Organisation (ein Zusammenschluss von Bulgarien, Tschechien, der Slowakei, von Polen, Russland und Kuba). Außerdem haben noch ein britisches und ein belgisches Industrieunternehmen entsprechende Lizenzen erworben. Da allerdings noch nicht klar ist, wie der Abbau technisch vor sich gehen soll, werden zunächst nur Designerstudien gefertigt und Prototypen getestet.

Seit 2006 hält die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, eine auf 15 Jahre begrenzte Forschungslizenz, die von ISA für zwei jeweils 75.000 km² große Gebiete im Pazifik vergeben wurde. Bisher wird davon ausgegangen, dass beim Abbau der Knollen die betroffenen Lebensräume zerstört werden.

2016 wurde daher das Forschungsvorhaben Blue Mining gestartet, das die mögliche Vorgehensweise für Abbau und Transport der Knollen präzisieren und auch ökologische Informationen liefern sollte. Die auf der Meeresoberfläche liegenden Knollen sollen von einem ferngesteuerten Sammelgerät aufgenommen, vom Sediment befreit und für den Vertikaltransport zerkleinert werden. Es müssten etwa 2 Mio. Trockentonnen pro Jahr geerntet werden, damit die Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Das gesammelte Erz wird über eine Förderbahn in einen Zwischenspeicher geleitet, aus dem es über ein Förderrohr hoch zum Mutterschiff gepumpt werden soll. Dort wird das Material entwässert und für den Weitertransport gesammelt. Die anfallenden Sedimentreste und unbrauchbaren Knollenteile werden ins Meer zurückgepumpt. Hierzu schreibt SCHULZ (MARUM, Bremen): „.... Allein das hätte gewaltige Auswirkungen auf das Lichtklima und die Tiefseefauna, denn das feine Gesteinsmehl würde im Wasser schweben bleiben. ... Keinerlei Untersuchungen gibt es bislang dazu, wie groß überhaupt die Ausgleichsflächen beim Tiefseebergbau sein müssten, um die dortigen Ökosysteme erhalten zu können.“

Zum Abbau von Kobaltkrusten

Kobaltkrusten (engl.: cobalt-rich ferromanganese crusts) sind metallreiche Überzüge von Mineralien, die sich an den Flanken submariner Gebirge oder an Tiefseebergen bil-

den. Sie sind steinhart und bilden sich bevorzugt an den Felshängen untermeerischer Vulkane aus. Die dicksten und wertstoffreichsten Krusten entstehen im oberen Bereich der Tiefseeberge, in etwa 800 bis 2500 m Wassertiefe. Nach Schätzungen gibt es etwa 33.000 Tiefseeberge, davon gut die Hälfte im Pazifik. Darunter befinden sich zahlreiche Tiefseeberge in etwa 1000 m Wassertiefe, deren große Plateaus einen Abbau von Mineralien ermöglichen würden.

Tiefseeberge (auch als Seeberge bezeichnet) sind ökologisch besonders interessant, da sie anders als der meist mit Schlick bedeckte Meeresboden Fels, Geröll, Algen und oft Seetang aufweisen und dort ganz spezielle Lebensgemeinschaften leben. An den Tiefseebergen entstehen auch Strömungen und Auftriebe mit völlig anderer Nahrungsversorgung der Lebewesen. REUTER (Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung, Bremen): „In solchen entlegenen Ökosystemen gibt es oft einen ganz eigenen Artenpool. ... Da kann man zu grundlegenden Erkenntnissen kommen, etwa wie spezifische Artengemeinschaften und Nahrungsnetze funktionieren. Wenn der Berg sehr isoliert ist, kann man womöglich einmalige evolutionäre Entwicklungen dokumentieren.“ Diese vielfältige, einzigartige Artenvielfalt ist bisher kaum bekannt und fast völlig unerforscht.

Etwa mit einer Dicke von 20 cm an gelten diese Krusten als abbauwürdig. Sie enthalten neben Kobalt vor allem Mangan, Eisen, Nickel und Platin sowie Elemente der Gruppe der Seltenen Erden. Fast alle im Meerwasser vorkommenden Metallionen, die diese Krusten bilden, stammen vom Festland und sind in das Meerwasser durch die Flüsse eingetragen worden. Die Herkunft von Eisen und Mangan dagegen wird meist auf eine vulkanische Quelle am Meeresboden (Hydrothermalquelle) zurückgeführt. Bisher sind vier große Gebiete bekannt, die abbauwürdig sein dürften. Sie liegen alle im Pazifik in Wassertiefen zwischen 1.000 und 3.000 m.

Das interessanteste Vorkommen, das sich über einen Bereich etwa so groß wie Westeuropa erstreckt, findet sich im Westpazifik in der Prime-Crust-Zone (PCZ) nordöstlich von Papua-Neuguinea und südöstlich von Japan. In dieser Zone allein übertreffen die dort stark vertretenen Kobalt- und Tellurvorkommen die entsprechenden Mengen der Lagerstätten. Im Gegensatz zu den Manganknollen, die überwiegend in internationalen Gewässern zu finden sind, finden sich diese ergiebigen Krustenvorkommen überwiegend in den Ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ) verschiedener Inselstaaten. Daher entscheiden über ihren künftigen Abbau ausschließlich deren Regierungen. Dagegen existiert für diese Vorkommen in internationalen Gewässern bereits seit 2012 ein verbindliches Regelwerk für Prospektion und Abbau.

Bisher legten nur China, Japan und Russland der ISA (International Seabed Authority - Internationale Meeresbodenbehörde) Arbeitspläne für eine künftige Exploration auf hoher See vor, die allerdings noch nicht genehmigt worden sind. Dabei müssen die Krusten abgerissen oder erbohrt werden, damit man ihren Inhalt, vor allem aber auch ihre Dicke erfassen kann. Zur Zeit sind Geräte in Entwicklung, die über akustische Wellen oder Gammastrahlendetektoren diese Aufgabe übernehmen könnten. Man geht davon

aus, dass noch mindestens 5 Jahre Entwicklungsarbeit erforderlich sind, bis die gesamte Erntekette technisch erprobt werden kann. Man kann die Krusten nicht wie Manganknollen auflesen, sondern muss sie mit Maschinen aufwendig vom felsigen Untergrund abtrennen. Bisher liegen nur Konzeptstudien für derartige Maschinen vor. Mit einer Masse von etwa 1 Mio. t Kobaltkrusten an soll ein wirtschaftlicher Abbau möglich sein.

Zum Abbau von Massivsulfiden

Massivsulfide wurden erst 1979 entdeckt. Es handelt sich um Ablagerungen an den Austrittsstellen heißer Quellen am Meeresboden (Hydrothermalquellen). Diese finden sich bevorzugt entlang der geologischen Plattengrenzen oder an aktiven Vulkanen. In der Tiefe wird das Wasser aufgeheizt – teilweise bis auf mehr als 400 °C – und kann daher metallhaltige Mineralien aus den Gesteinen lösen. Die am Meeresboden austretende heiße Lösung kühlt sich im Meereswasser ab und der Mineralgehalt wird in der Form feiner Partikel an der Quelle ausgeschieden. So können sich an diesen Stellen zum Teil massive, mehrere Meter mächtige Erzvorkommen bilden.

Diese Quellen werden aufgrund ihrer Ausscheidungs Wolken im Meerwasser als Schwarze Raucher bezeichnet und befinden sich meist in Wassertiefen zwischen etwa 1.000 und 4.000 m, können aber auch in tieferen Meeresbereichen auftreten. Diese Lebensräume werden von ausgesprochen vielen Tierarten bevölkert. Derartige Verhältnisse finden sich in weiten Teilen der Ozeane, die vulkanisch aktiv sind oder waren. Je nach der Region enthalten diese Massivsulfide unterschiedliche Anteile von Kupfer, Zink, Blei, Gold oder Silber sowie wichtige Spurenelemente wie Indium, Germanium, Tellur oder Selen.

Es sind vier typische Entstehungsgebiete bekannt:

- Die mittelozeanischen Rücken, die sich um den gesamten Globus ziehen,
- die Inselbogenvulkane, die bevorzugt am Rande abtauchender Platten entstehen,
- die Zugspannungs- oder Spreizungszonen in den Meeresbecken hinter den Inselbögen (Backarc-Bassins),
- die Vulkane auf den Lithosphärenplatten, die über besonders heißen Bereichen, im obersten Erdmantel (sogenannten Hotspots) entstehen und sich als Intraplattenvulkane behaupten. Der im Erdmantel darunterliegende Manteldiapir (Mantel-Plume) – und damit auch der darüberstehende Vulkan – kann entweder ortsfest sein oder auch eine eigene Bewegung im Erdmantel vollziehen.

Bis heute sind weltweit zwischen 500 und 1000 große Vorkommen von Massivsulfiden bekannt. Die gesamte Menge an solchen Sulfiden wird auf einige Hundert Mio. t geschätzt. Dabei werden 58 % den mittelozeanischen Rücken, 25 % den Spreizungszonen der Backarc-Becken, 16 % den Inselbogenvulkanen und nur 1 % den Intraplattenvulkanen zugerechnet. Diese Vorkommen liegen teilweise auf Hoher See, teilweise innerhalb

der 200-Seemeilen-Zone (AWZ). Allerdings wird angenommen, dass nur vergleichsweise wenige für einen wirtschaftlichen Abbau geeignet sein dürften. Die Gründe liegen entweder in einem zu geringen Gehalt begehrter Metalle, einer zu geringen abbauwürdigen Menge oder im zu schwierigen Terrain.

Die Erkundung dieser Vorkommen gilt als ziemlich schwierig. Bisher wurden noch keine derartigen Vorkommen abgebaut. Es wird allerdings erwartet, dass in absehbarer Zeit vor Papua Neuguinea mit dem Abbau von Massivsulfiden begonnen werden wird. Dort wurden auch Massivsulfide mit einem relativ hohen Gehalt an Gold und Silber gefunden, so dass sich der Abbau wirtschaftlich lohnen dürfte. Ein kanadisches Unternehmen, das mit Russland und südafrikanischen Rohstoffkonzernen zusammenarbeitet, hat um eine entsprechende Lizenz gebeten.

Aus ökologischer Sicht handelt es bei den „Schwarzen Rauchern“ mit 350 Grad C und zahlreichen gelösten giftigen Metallverbindungen um extreme Lebensräume, in denen sich sehr viele einzigartige Lebensgemeinschaften mit den verschiedenartigsten Spezialisten entwickelt haben. Chemoautotrophe Bakterien erzeugen die Primärproduktion, die wiederum andere Organismen nutzen können. Darunter befinden sich auch höhere Arten wie beispielsweise Muschel- oder Schnecken-Arten. So wurden dort bereits Ökosysteme mit bis zu 600 Arten gefunden! Dank der permanenten Nährstoffzufuhr haben sich auch sehr große Populationen entwickeln können.

Bisher wurden sechs „Provinzen“ identifiziert, in denen teilweise sehr unterschiedliche Arten vorkommen: Nordwest-Pazifik, Südwest-Pazifik, Nordost-Pazifik, der Nordteil des Ostpazifischen Rückens und sein Südteil sowie der Mittelatlantische Rücken. Dem Ostpazifischen Rücken scheint eine Art „Drehscheibe“ bei der Verbreitung der Arten zuzukommen.

Zum Abbau von Kies und Sand aus Flachwasserbereichen

Auch für Kiese und Sande, die Grundrohstoffe der Bauindustrie wird es immer schwieriger genügend große Mengen aus Flußablagerungen oder aus den Flusläufen selbst zu gewinnen. Da es bisher keine zentrale Erfassung solcher Abbauaktivitäten gibt, ist auch nicht bekannt, an wievielen Orten und mit welchen Fördermengen solche Rohstoffe in den Meeren abgebaut werden.

Im Jahr 2011 wurden allein in Deutschland etwa 2,5 Mio. m³ und im Jahr 2012 in Europa etwa 93,5 Mio. m³ aus den küstennahen Flachwasserbereichen entnommen. Der Hauptanteil dieser Entnahmen wurde in Deutschland und in Holland im Küstenschutz zum Aufspülen auf die Strände an der Nordseeküste und auf den vorgelagerten Inseln verwendet. Aber auch die Bauindustrie greift inzwischen stark auf diese Rohstoffquellen zu, um Beton und Betonfertigteile herzustellen und zu verbauen. Auch im arabischen Golf werden große Mengen an Sand und Kies aus den Flachwasserbereichen gewonnen, um über künstliche Inseln mehr Bauland zu erzeugen und um Grundrohstoffe zum Her-

stellen von Beton die modernen Küstenstädte in den arabischen Emiraten zu gewinnen. Auch in den chinesischen und japanischen Küstenstädten werden mit Sanden und Kiesen aus den küstennahen Flachwasserbereichen künstliche Inseln zum Ansiedeln von Industrie und Verkehrsinfrastrukturen (Flughäfen und Kais für Hochseeschiffe) erzeugt und gebaut.

Die Auswirkungen solcher Rohstoffgewinnung auf die jeweilige Meeresumwelt sind vielfältig. Durch das Absaugen und Transportieren gehen ganze Lebensgemeinschaften der entsprechenden Flachmeerbereiche verloren – sie haben keine Chance die dabei angewendeten Prozeduren zu überleben. Zusätzlich wirken sich die Trübungsfahnen im Meerwasser auch auf benachbarte Lebensbereiche aus. Abhängig von den entsprechenden Lebensgemeinschaften und den jeweiligen Umweltbedingungen (Temperaturregime, Stömungsbedingungen, etc.) wird es Jahre, wenn nicht auch Jahrzehnte dauern, bis sich Lebensräume von diesen Zerstörungen wieder erholen, sofern sie nicht grundlegend und damit für immer zerstört wurden. Die Gründe dafür wären dann wieder einmal das allein auf den jeweiligen individuellen und schnellen wirtschaftlichen Erfolg setzende Wirtschaftssystem, in dem sich weltweit alle Betriebe und Staaten behaupten wollen, indem aber Das Erhalten unserer natürlichen Lebenswelt offenbar keinen entsprechenden Wert darstellt.

Zu den ökologischen Problemen durch einen geplanten Tiefseebergbau

Welche ökologischen Probleme die Zerstörung riesiger Flächen des Ozeanbodens nach sich ziehen wird, ist derzeit noch unbekannt – dies ist eines der Hauptprobleme für einen geplanten Tiefseebergbau. Aus diesem Grunde fördert das BM für Bildung und Forschung im Rahmen der Internationalen Forschungsinitiative „JPI Oceans“ die Erforschung der ökologischen Auswirkungen des geplanten Tiefseebergbaus von Manganknollen. Auch sind die ökologischen Verhältnisse in diesen Tiefseeregionen noch weitgehend unerforscht.

Für alle Abbauarten wird von folgenden Beeinträchtigungen der Ökosysteme ausgegangen: Im Erntebereich werden alle festsitzenden – demnach die vorherrschenden – Organismengruppen zerstört. Außerdem wird durch das anfallende Abwasser eine Sedimentwolke ins Meer eingeleitet. Durch die Maschinen, Pumpen und Reinigungsgeräte entstehen massiv Lärm und Vibrationen, die Fische beeinträchtigen und vertreiben werden. Durch das eventuell vorgesehene oberflächennahe Einleiten der Abwässer würden die Lichtverhältnisse im oberen Meeresbereich nicht gestört. Die noch verbliebenen Organismen könnten jedoch erheblich beeinträchtigt und so die ohnehin sehr langsame Wiederbesiedlung weiter verzögert werden. Hinzu kommt die Entsorgung der üblichen Schiffsabfälle, die den Ozean an dieser Stelle noch zusätzlich verschmutzen wird.

Daher wird beispielsweise bei den Manganknollen auch empfohlen, diese Flächen nicht gänzlich, sondern in Bahnen „abzuernten“. Bei einer Streifenbearbeitung würden zwar die Ökosysteme auf den Zwischenfeldern (beispielsweise für Algen oder Planktonorga-

nismen) sicherlich auch beeinträchtigt werden. Doch dürfte die Wiederbesiedlung bei diesem Vorgehen schneller verlaufen, als wenn nach dem Prinzip „tabula rasa“ vorgegangen werden würde. Natürlich stellt sich dann sofort die Frage, inwieweit der Abbau der Mineralien noch wirtschaftlich ist.

In den Bereichen, in denen bisher Manganknollen zu Testzwecken gewonnen worden sind, wurde nach dem Eingriff eine massive Veränderung der Artenzusammensetzung und ihrer Häufigkeit festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass dies auch bei der Gewinnung von Kobaltkrusten oder Massivsulfiden der Fall sein wird. In diesem Zusammenhang muss man auch berücksichtigen, dass alle biologischen Vorgänge in der Tiefsee und besonders diejenigen der Renaturierung außerordentlich langsam verlaufen. Dieses Zeitlupentempo bedeutet, dass eine einigermaßen zeitnahe Erholung dieser Ökosysteme praktisch unmöglich ist, wenn diese Habitate einmal zerstört worden sind. Das deutsche Forschungsprojekt DISCOL (Störung und Wiederbesiedlung des Pazifik) soll diesen Fragen weiter nachgehen. Nach der Überprüfung eines vor sieben Jahren geernteten Manganknollen-Feldes betonten die Forscher, dass das Ökosystem deutlich artenärmer geworden sei. Auch sind weniger Vertreter je Art gefunden worden. Da es sich bei diesem „Ernte-Gebiet“ nur um vergleichsweise kleine Flächen gehandelt hat, wird darauf verwiesen, dass bei großflächigem Abbau die Schädigungen deutlich massiver ausfallen und eine Wiederbesiedlung entsprechend länger dauern dürften.

Zudem weiß man nicht, wie sich der Tiefsee-Bergbau im Hinblick auf den Klimawandel auswirken wird. Sicherlich wird er katastrophale Folgen für die dortigen Ökosysteme haben. Aber wird er sich auch negativ auf die Puffereffekte für die CO²-Aufnahme auswirken? Die Ozeane sind mit etwa einem Drittel die mit Abstand größte Senke für dieses Klimagas. Und ein Großteil der Aufnahmeeffekte spielt sich zudem am Meeresboden ab. Wie werden sich riesige, total beschädigte Abbaugelände auf diese Prozesse auswirken? Zudem ist zu beachten, dass „der tiefe Ozean mit einer Trägheit von vielen Jahrzehnten“ reagiert, doch dann „kann durchaus eine gravierende Veränderung eintreten“ (SCHULZ).

Beim Abbau von Kobaltkrusten dürften die ökologischen Schäden wegen der bergmännischen Abbauweise und des sehr schwierigen Terrains besonders hoch sein. Es ist nur bekannt, dass dort eine ausgesprochen große Vielfalt an Lebewesen vorkommt, da es sich um sehr nährstoffreiche Lebensräume handelt. Die Meeresströmung trägt die Nahrungspartikel heran, die an den Hängen mit dem Wasser emporsteigen. Die Megafauna (Arten größer als 2 cm) besteht aus vielen sessilen Arten wie Schwämmen, Korallen, Seefedern oder Polypenkolonien. Es kommen aber auch viele nicht-sessile Arten wie Tintenfische oder Krebse vor.

Die bereits bei den Manganknollen erwähnte Gefahr, dass eine Verschmutzung der Meeresschichten durch die eingeleitete Partikelwolke nach der Zerkleinerung und Reinigung des Materials entsteht, ist zwar ebenfalls gegeben. Allerdings wird davon ausgegangen, dass ihre schädlichen Auswirkungen geringer sein dürften.

Von den Befürwortern des Abbaus von Kobaltkrusten wird immer wieder betont, dass es sich doch hier nur um vergleichsweise kleine, bescheidene Maßnahmen handle, die in ihren negativen Auswirkungen weit hinter denjenigen des konventionellen Tagebaus an Land zurückbleiben würden. Auch würden vor allem keine Menschen ihre Heimat verlieren. Dieser Vergleich ist schief und darf nicht dazu führen, dass nicht genau hingeschaut wird, welche ökologischen Schäden durch derartige Abbaumaßnahmen verursacht werden. Vor- und Nachteile müssen zumindest abgewogen werden können.

Die ökologischen Probleme beim Abbau von Massivsulfiden sind noch gravierender als in den oben beschriebenen Fällen, da hier die Lebensräume noch fragiler und die Artengemeinschaften wegen der ganz besonderen Lebensbedingungen extremer sind. Völlig unklar und auch ungeklärt ist die Frage, ob sich derartige Lebensgemeinschaften von Pflanze und Tier nach einem Abbau überhaupt wieder erholen können. Diese Möglichkeit hängt auch von der Entfernung der jeweiligen Lebensräume voneinander ab.

Zu den gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Hintergründen

Die Ursachen für die erwähnten ökologischen Belastungen und Schäden sind in den geplanten Abbaumaßnahmen zu sehen. Diese wiederum werden durch neue Technologien und eine damit einhergehende gesteigerte Nachfrage nach diesen seltenen und an Land immer seltener werdenden metallischen Mineralien getrieben. Mit diesen neuen Technologien verknüpft sind vor allem auch die inzwischen ausgesprochen zahlreichen modernen mobile Geräte. Dazu gehören insbesondere auch solche, die der inzwischen wirtschaftlich übersteigerten Kommunikation auch zwischen Robotern und Maschinen dienen.

Es ist unser Verhalten und unsere Konsumkultur, vor allem aber unsere Wegwerfkultur, die diesen Ansturm auf derartige Abbauverfahren begünstigt. Sobald ein neues Smartphone zum Beispiel auf dem Markt ist, muss es als Statussymbol auch erworben werden. Erschwerend kommt hinzu, dass bisher das Recycling dieser wertvollen Mineralien nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Bei den Massivsulfiden ist als Besonderheit darauf zu verweisen, dass sie in noch höherem Maße als Manganknollen oder Kobaltkrusten (Spuren-)Elemente enthalten, die für Hochtechnologieprodukte, aber auch für elektronische Massenprodukte wie beispielsweise Fotovoltaikanlagen, Hybrid- und Elektroautos oder Smartphones benötigt werden. Diese Elemente können bisher ausschließlich nur an Land, meist nur als Nebenprodukte und das nur in sehr kleinen Mengen wie bei Antimon, Germanium oder Rhenium gewonnen werden und werden langsam immer knapper.

In diesem Zusammenhang muss auch berücksichtigt werden, dass einige Staaten eine Monopolstellung auf diesen Märkten innehaben. So entfallen beispielsweise auf China 97% der weltweiten Produktion von Seltenerdmetallen. In anderen Ländern wie beispielsweise der Demokratischen Republik Kongo, in der 40% der Welt-Kobaltproduk-

tion erbracht wird, sind die politischen und gesellschaftlichen Verhältnisse äußerst fragil. Des Weiteren kommen Oligopole hinzu, die durch Firmenkonzentration bereits entstanden sind oder sich zur Zeit gerade bilden.

Wegen der absehbaren Erschöpfung der Lagerstätten auf dem Festland ist daher eine verstärkte, auch konkurrenzgetriebene marine Förderung geplant und zum Teil bereits im Gang.

Denkbare Maßnahmen zum Überwachen solchen Bergbaus

Bevor man an konkrete Überwachungsregeln und entsprechend mögliche Maßnahmen zum Einhalten von Schutzbestimmungen für die jeweilige Meeresumwelt denken kann, muss einigermassen Klarheit über die tatsächlichen ökologischen Verhältnisse in der jeweiligen Region geschaffen worden sein. Bisher sind die gesicherten Erkenntnisse auf diesem Gebiet noch absolut rudimentär. Daher sind weitere gezielte Studien zu diesem Themenkreis und deren objektive Auswertung unbedingt erforderlich, bevor mit einem entsprechenden Abbau überhaupt begonnen werden darf. Man muss nicht nur wissen, in welchem Umfang endemische Arten dort existieren und wie weit diese betroffen sind. Bei diesen Tiefenregionen handelt es sich in aller Regel um extreme, häufig eng begrenzte Lebensbereiche. Daher ist davon auszugehen, dass auch eine extreme Spezialisierung der dort lebenden Arten vorliegt. Diese Kenntnisse und ihre gründliche, neutrale Bewertung und damit die tatsächliche Kenntnis des Ausmaßes der Schädigung der jeweiligen Biodiversität sind unbedingt vor Beginn jeder Abbauaktivität zu fordern.

Um diesen Problemen etwas näher zu kommen, hat die UNESCO einen grundlegenden Bericht erstellt (GOODS-Report – Global Open Oceans and Deep Sea-habitats). Danach werden die Meere in Bioregionen grob eingeteilt. Für den Tiefenbereich zwischen 800 und 2500 m, in dem beispielsweise die ergiebigsten Kobaltkrusten vorkommen, wurden 14 Bioregionen definiert. Es muss betont werden, dass die Grundlagen für diesen Bericht alles andere als ausreichend tragfähig sind. Es handelt sich eigentlich nur um Schätzungen und Annahmen.

Ist eine Abbauerlaubnis erteilt worden, muss darauf gedrungen werden, dass der Abbau so behutsam wie nur möglich und in allen Abläufen nach dem jeweiligen Stand der Technik zu erfolgen hat. Ob sich dann die Operationen noch „rechnen“, ist aus ökologischer Sicht zweitrangig.

Bei der UNO wird zur Zeit über neue Regeln beraten, um das Seerechtsübereinkommen von 1994 zu stärken. Dieses bestimmt, wie viele Küstengewässer die Anrainerländer als exklusive Wirtschaftszonen beanspruchen können. Bisher werden 200 Seemeilen zugestanden. Es ist daher von grundlegender Bedeutung, dass der zuständigen Behörde ISA nicht nur der Rücken gestärkt wird. Auch müssen sämtliche Vorgänge transparent ablaufen und kontrolliert werden, da das Korruptionspotential, das hinter diesen Aktivi-

täten steckt, ausgesprochen hoch ist. Auch ist allein schon die Wahl von Kingstone, Jamaika, als Sitz dieser Behörde eine zusätzliche Aufforderung, derartige Kontrollaufgaben wirklich sehr ernst zu nehmen. Dieselbe Aussage gilt natürlich verschärft für die Abbauregionen in den AWZ-Bereichen. Es handelt sich hier meist um arme Kleinstaaten, die Drohungen und Verlockungen mächtiger Investoren leicht erliegen dürften.

Hinweise auf Literaturquellen

Christiansen, B. (2013): Seeberge – biologische Oasen im Meer und mögliche Auswirkungen des Klimawandels. – online Publikation: <http://www.klimawarnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2013/02/christiansen.pdf>

GEOMAR (2015): Wie erholt sich ein Tiefsee-Ökosystem von menschlichen Eingriffen?. – online Publikation: <https://www.geomar.de/news/article/wie-erholt-sich-ein-tiefsee-oekosystem-von-menschlichen-eingriffen/>

ISA – International Seabed Authority (2016): Environmental, Legal and Technical Challenges for Deep Sea Mining. – online Publikation: <https://s3.s3.amazonaws.com/isa.org/jm/s3fs-public/files/documents/bp2-2016-chile-final.pdf>

NABU - Naturschutzbund Deutschland (2018): Sand wird knapp. – online Publikation: <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/lebensraum-meer/gefahren/24983.html>

Reichert, C. (2013): Die Bodenschätze des Meeres und das Seerecht. – online Publikation: <http://www.klimawarnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2013/02/Reichert.pdf>

Skinexx: (2014): Bergbau in der Tiefsee - Wie schädlich ist die Jagd nach Rohstoffen in der Meerestiefe?. – online Publikation: <https://www.scinexx.de/dossier/bergbau-in-der-tiefsee/>

UBA – Umweltbundesamt (2018): Tiefseebergbau. – online Publikation: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/tiefseebergbau-andere-nutzungsarten-der-tiefsee>

World Ocean Review: (2014): Rohstoffe aus dem Meer – Chancen und Risiken. – online Publikation – WOR3: <https://worldoceanreview.com/wor-3/mineralische-rohstoffe/>

World Ocean Review: (2014): Öl und Gas aus dem Meer. – online Publikation – WOR3: https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor3/WOR3_Kapitel_1.pdf

FiWiSo-Allianz

sele im November 2018

Bilder: copyright rnl