

In den Ebenen der Tiefsee liegen metallische Klumpen auf tausenden Quadratkilometern dicht an dicht, wie Kartoffeln auf einem Acker: Manganknollen bilden die wichtigste potentielle marine Rohstoffquelle, da sie von einigen Metallen größere Mengen enthalten, als die heute bekannten und abbaubaren Landlagerstätten.

KURZSTECKBRIEF MANGANKNOLLEN	
Hauptvorkommen	Sedimentbedeckte Tiefseeebenen aller Ozeane
Wassertiefe	3.000 bis 6.000 Meter
Hauptbestandteile	Silikate, Mangan- und Eisenoxide
wirtschaftlich interessante Metalle	Nickel, Kupfer und Kobalt (in Spuren auch Seltene Erden, Molybdän, Lithium und Titan)
Verwendung	Batterien, Umwelt- und Energietechnik

Manganknollen in der Tiefsee sind bereits seit der britischen Challenger-Expedition von 1872 bis 1876 bekannt. Sie galten aber lange nur als Kuriosum. In den 1960er und 1970er Jahren gerieten sie erstmals konkret ins Visier der Industrienationen, die sie als mögliche Rohstoffquelle erkannten. Die Manganknollen-Begeisterung in den 1970er-Jahren ging so weit, dass angebliche Abbaubersuche sogar als Tarnung für eine verdeckte Operation des amerikanischen Geheimdienst CIA im Zentralpazifik erhalten mussten. Echte Abbaubersuche zeigten jedoch rasch, dass die Technologie noch nicht reif war, um reibungslos in mehreren tausend Meter Wassertiefe zu funktionieren.

In den vergangenen Jahren reaktivierten steigende Rohstoffpreise und die wachsende Nachfrage die Pläne zum Abbau der Metallknollen vom Tiefseeboden jedoch. Abbaulizenzen oder eine erfolgreich erprobte Technologie gibt es aber nach wie vor nicht. Auch die Frage nach den großräumigen Auswirkungen für die Tiefsee-Umwelt ist noch nicht abschließend beantwortet.



**Manganknolle aus dem Nordwest-Pazifik**

Diese Probe wurde während der Expedition S0265 mit dem Forschungsschiff SONNE am Papanin Rücken aus einer Wassertiefe von 4.490 Metern genommen. Foto: Jan Steffen / GEOMAR

## Entstehung von Manganknollen

Manganknollen kommen weltweit an den Meeresböden in Tiefen von 3.000 bis 6.000 Metern vor. Sie bestehen aus Metallen, die durch Erosion ins Meer eingetragen werden oder aus den Hydrothermalquellen in vulkanisch aktiven Bereichen der Meere stammen. Ihre Wachstumsrate beträgt wenige Millimeter in einer Million Jahre, so können größere Knollen mit einer Größe von 15 Zentimetern bis zu 15 Millionen Jahre alt sein.

Manganknollen gibt es in vielen Formen und Größen. Sie können rund, länglich oder flach sein. Ihre Erscheinung wird durch die Form des Kerns, dem umgebenden Sediment und ihrer Wachstumsart bestimmt. Manganknollen wachsen, indem sich im Meer gelöste Metallionen aus dem bodennahen Wasser (hydrogenetisches Wachstum) oder dem im Sediment enthaltenen Wasser (diagenetisches Wachstum) an einem Kern ablagern. Dieser Kern kann zum Beispiel aus Gesteinsfragmenten, Schalenresten oder Haifischzähnen bestehen. Mit der Zeit bilden sich so konzentrische Lagen um den Kern.

Meist wachsen Knollen sowohl dia- als auch hydrogenetisch, wobei sich die jeweiligen Anteile in verschiedenen Meeresgebieten unterscheiden. Faszinierend ist, dass Manganknollen extrem langsam wachsen. Mit jeder Million Jahre nimmt ihre Dicke nur millimeterweise zu. Hydrogenetische Knollen wachsen pro Million Jahre bis zu 10 Millimeter, diagenetische zwischen 10 und 100 Millimeter. Daraus folgt, dass sich Manganknollen nur dort bilden konnten, wo über derart lange Zeiträume konstante Umweltbedingungen herrschten.



### Schnitt durch eine Manganknolle

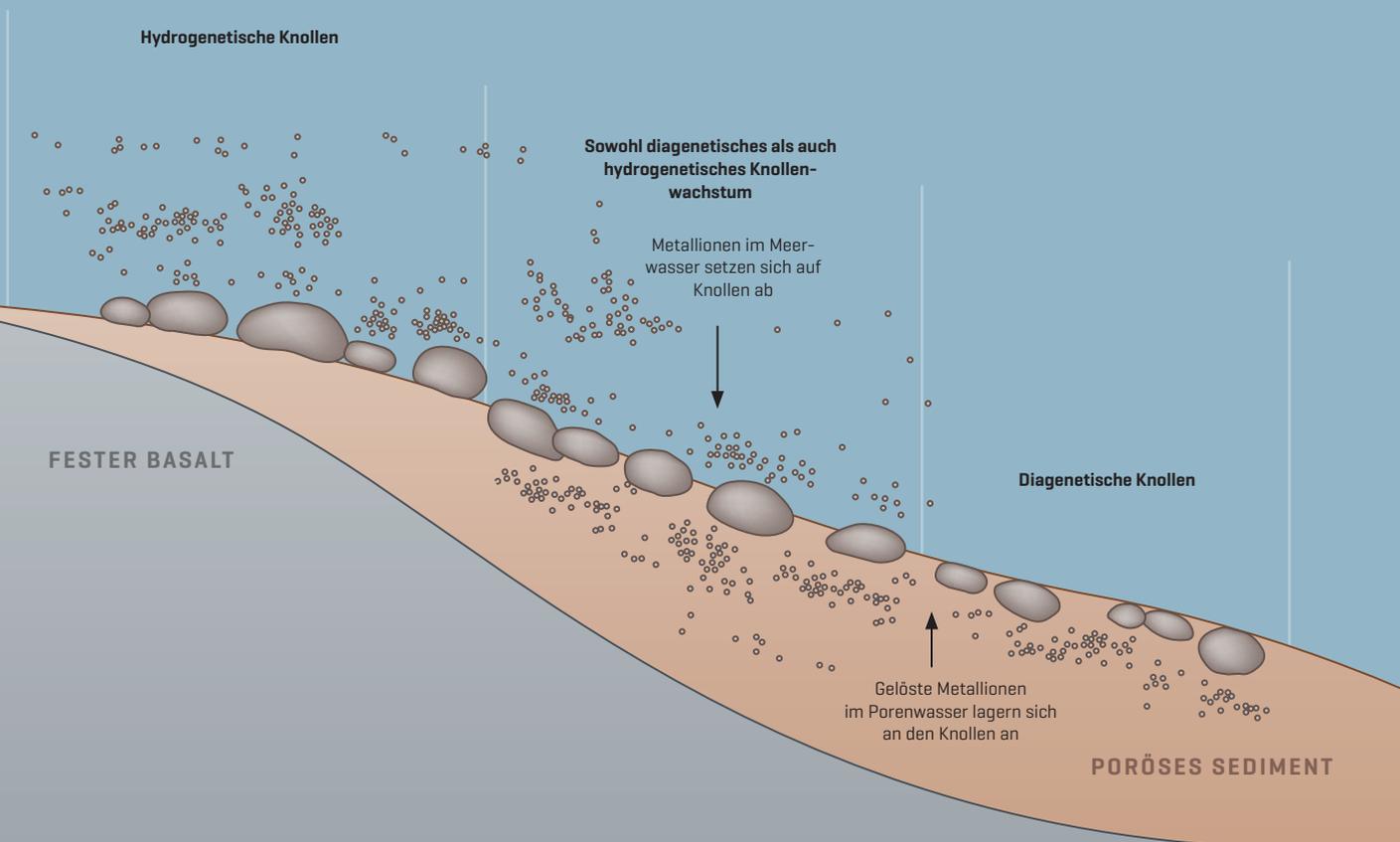
Im Inneren weisen sie, ähnlich den Wachstumsringen eines Baumes, einen schaligen Aufbau auf, der auch als geologisches Archiv genutzt werden kann. Foto: Linda Plagmann

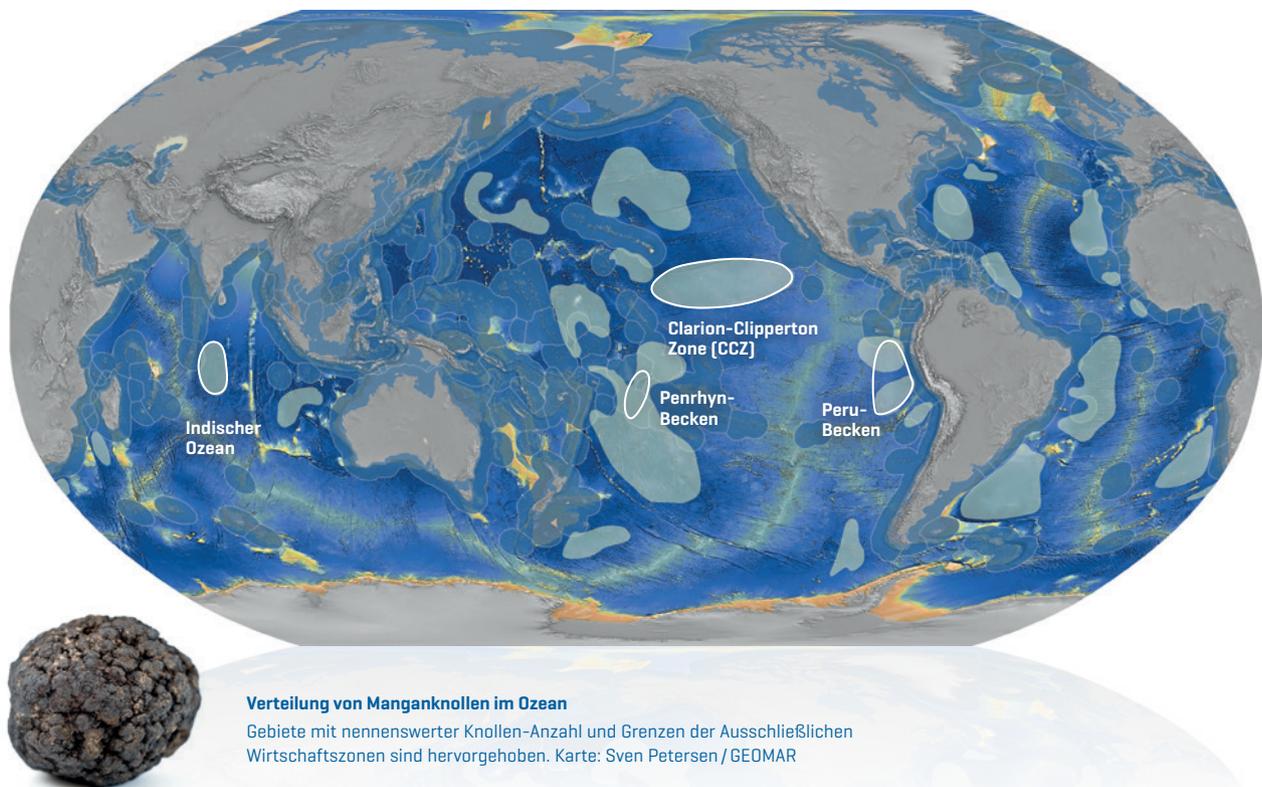


### Unterschiedliches Wachstum

Manganknollen können hydrogenetisch oder diagenetisch wachsen, aber auch beides kombinieren. Unterschiedliche Wachstumsraten können zu asymmetrischen Knollen führen. Foto: BGR

Grafik: maribus, WOR3, Bearbeitung: C. Kersten/GEOMAR





## Vorkommen und Rohstoffpotenzial von Manganknollen

Obwohl in allen Ozeanen vorhanden, ist nur in wenigen Gebieten die Dichte von Manganknollen groß genug für einen industriellen Abbau. In diesen Gebieten könnten die Vorkommen für eine zukünftige globale Rohstoffsicherung von Bedeutung sein. Anträge für einen Abbau gibt es aber noch nicht, was auch daran liegt, dass die Regularien für eine umweltschonende Förderung derzeit von der Internationalen Meeresbodenbehörde entworfen werden.

Weltweit sind circa 38 Millionen Quadratkilometer für die Bildung von Manganknollen geeignet. Dies ist aber nur eine grobe Schätzung, da große Bereiche des Meeresbodens nur unzureichend erforscht sind. In nennenswerter Menge kommen sie in vier Meeresregionen vor:

**Clarion-Clipperton-Zone (CCZ):** Diese Zone ist das weltweit größte Manganknollengebiet mit einer Fläche von rund 9 Millionen Quadratkilometern, was in etwa der Größe Europas entspricht. Die CCZ liegt im Pazifik und erstreckt sich von der Westküste Mexikos bis nach Hawaii. Die Manganknollen sind hier nicht gleichmäßig verteilt. An manchen Stellen liegen sie dicht an dicht. In anderen Arealen kommen gar keine Knollen vor. Durchschnittlich findet man in der CCZ pro Quadratmeter etwa 15 Kilogramm Manganknollen. Besonders ergiebige Gebiete bringen es auf 75 Kilogramm. Insgesamt rechnet man hier mit einer Manganknollenmasse von rund 21 Milliarden Tonnen.

**Peru-Becken:** Etwa 1.000 Kilometer vor der peruanischen Küste liegt das Peru-Becken. Es ist etwa halb so groß wie die Clarion-Clipperton-Zone. Hier findet man pro Quadratmeter durchschnittlich zehn Kilogramm Manganknollen. (Siehe auch Projekt DISCOL auf Seite 32)

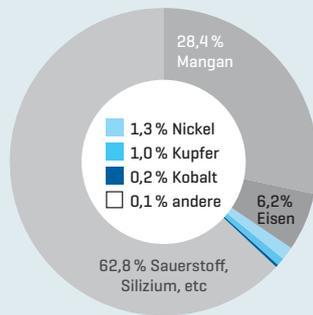
**Penrhyn-Becken:** Das dritte bedeutende Manganknollengebiet im Pazifik befindet sich in

unmittelbarer Nähe der Cookinseln, mehrere Tausend Kilometer östlich von Australien. Es hat eine Fläche von ungefähr 750.000 Quadratkilometern. Große Bereiche in den Küstengewässern der Cookinseln weisen Gehalte von über 25 Kilogramm Manganknollen pro Quadratmeter Meeresboden auf.

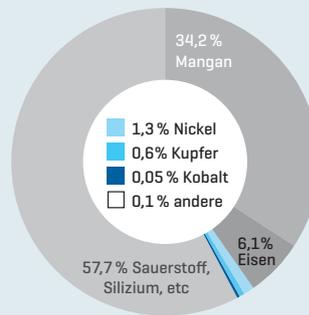
**Indischer Ozean:** Hier hat man bislang nur ein einziges größeres Manganknollengebiet entdeckt, das in etwa so groß wie das Areal im Penrhyn-Becken ist. Es liegt im zentralen Indischen Ozean. Auf einem Quadratmeter Meeresboden liegen hier rund fünf Kilogramm Manganknollen.

Mangan und Eisen sind die dominanten Metalle in Manganknollen. Die wirtschaftlich interessantesten Metalle sind jedoch Nickel, Kupfer und Kobalt, die zusammen Gehalte von etwa zwei bis drei Gewichtsprozent erreichen. Zusätzlich sind Spuren einer ganzen Reihe von Metallen in den Knollen enthalten, die für die Wirtschaft in der Hochtechnologie sowie in grünen Technologien von Bedeutung sind. Dazu gehören zum Beispiel Molybdän, die Seltenen Erden, aber auch Lithium oder Titan.

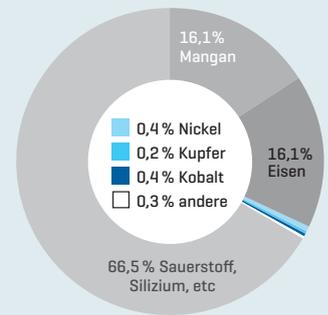
Wie chemische Analysen von Manganknollen zeigen, unterscheiden sich Manganknollen der verschiedenen Meeresgebiete deutlich in ihren Metallgehalten. Quelle: Hein & Petersen, World Ocean Review 3



Clarion-Clipperton Zone



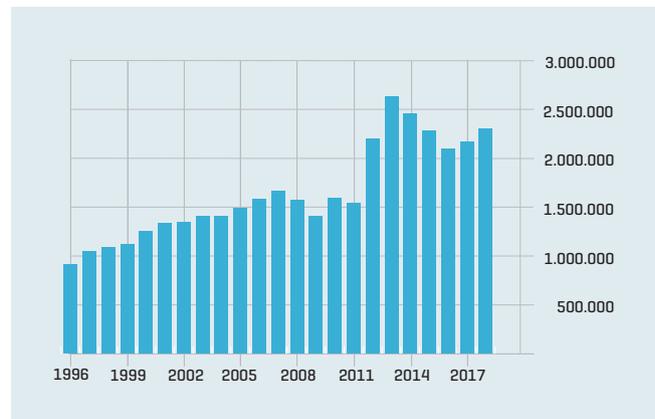
Peru Becken



Penrhyn Becken

Eine konservative Mengenkalkulation für die Manganknollen der CCZ geht von über 6 Milliarden Tonnen Mangan aus und überschreitet damit die an Land weltweit wirtschaftlich abbaubare Menge. Ähnlich sieht es bei Nickel (270 Millionen Tonnen), Kupfer (230 Millionen Tonnen) und Kobalt (44 Millionen Tonnen) aus. In den Manganknollen der CCZ alleine liegen damit drei- bzw. fünfmal mehr Nickel und Kobalt als in allen bekannten wirtschaftlich abbaubaren Landvorkommen zusammen. Die Menge an Kupfer in der CCZ entspricht in etwa einem Drittel der globalen Landreserven. Mit diesen Zahlen wird deutlich, dass Manganknollen ein riesiges Potential haben und für eine zukünftige globale Rohstoffsicherung von Bedeutung sein könnten. Allerdings müssen für eine wirtschaftliche Förderung rund 2 bis 3 Millionen Tonnen Manganknollen pro Jahr geerntet werden. Dafür müsste eine Tiefseebergbau-Firma eine Abbaufäche von 200 bis 300 Quadratkilometern pro Jahr bearbeiten. Das entspricht in etwa der Fläche Münchens. Bezogen auf die weltweiten Produktionszahlen in den letzten Jahren, trüge der Abbau von Manganknollen auf fünf Abbaufächen mit 10 Prozent zur globalen Produktion von Nickel bei, mit 25 Prozent bei Kobalt und weniger als 1 Prozent bei Kupfer. Unter den heutigen wirtschaftlichen Bedingungen würde durch diese Produktionsmengen allerdings der Weltmarkt mit Mangan so übersättigt werden, dass der Preis für Manganknollen eventuell insgesamt zusammenbräche.

Bei den Vorkommen in der CCZ muss berücksichtigt werden, dass große Bereiche der CCZ für einen kommerziellen Abbau nicht in Frage kommen, da sie zu geringe Mengen an Manganknollen aufweisen oder durch ihr starkes Relief ungeeignet sind. Das zunehmende Interesse an Manganknollen zeigt sich in der Zunahme von Anträgen auf Erkundungslizenzen in der Tiefsee. 2001 wurden die ersten Lizenzen der IMB an sechs Vertragspartner vergeben. 2002 kam Indien hinzu, gefolgt von Deutschland, das seit 2006 eine Lizenz in der CCZ hält. Nach einer Phase der Ruhe hat sich inzwischen das Interesse ab 2012 deutlich erhöht. Zurzeit sind 17 Erkundungslizenzen mit insgesamt 1,2 Millionen Quadratkilometer vergeben worden.

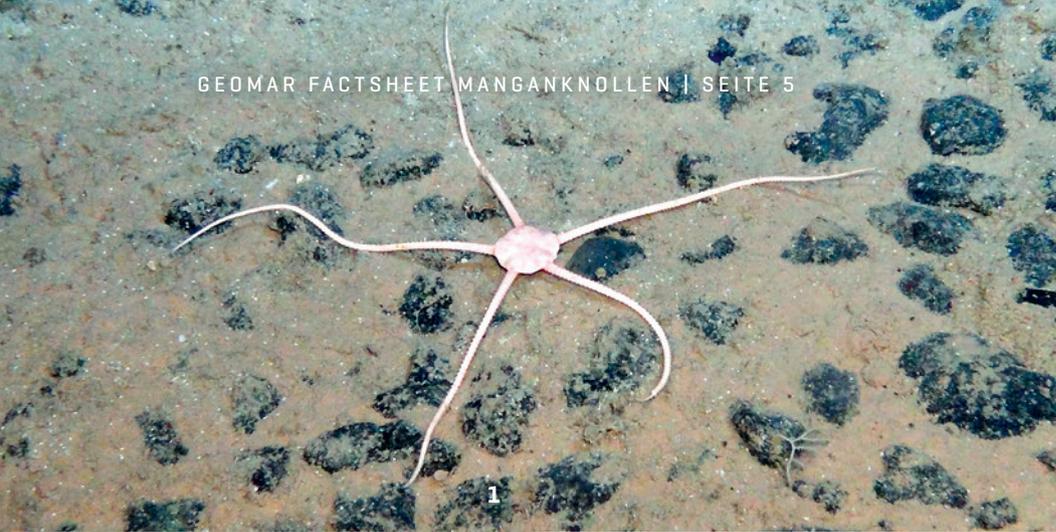


Globale Produktion von Nickel in den Jahren 1996 bis 2018 in Tonnen.

Quelle: USGS Mineral Commodity Summaries for Nickel [1997-2019]



Erste Versuche in den 1970er Jahren haben im Prinzip gezeigt, dass eine Förderung von Manganknollen aus großen Tiefen möglich ist. Allerdings ist es ein weiter Schritt von mehrtägigen Tests zu einer industriellen Förderung über viele Monate im Jahr. Die Auswirkungen eines groß angelegten Abbaus auf die Umwelt sind noch nicht ausreichend untersucht, auch wenn wissenschaftliche Großprojekte sich in den letzten Jahren intensiver damit beschäftigt haben. Bei der derzeitigen Marktlage würde sich der Manganknollenabbau nur für wenige Firmen lohnen, da sonst der Weltmarktpreis für Mangan zusammenbräche, der zurzeit für die Wirtschaftlichkeit relevant ist.



1



2

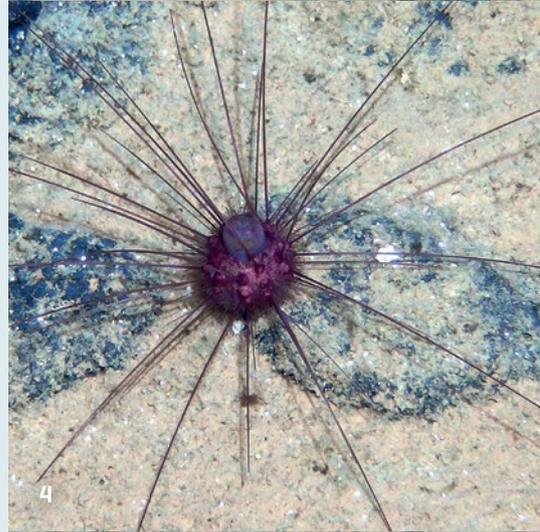


3

## Biodiversität

Noch im 19. Jahrhundert glaubte man, dass unterhalb von 1.000 Metern Wassertiefe kein Leben möglich sei. Doch auch heute noch hält die Tiefsee Überraschungen für die Wissenschaft bereit. So hat sich bis in die Gegenwart die Vorstellung gehalten, dass die großen Tiefsee-Ebenen im zentralen Pazifik sehr gleichförmig und nur dünn besiedelt seien. Wieder ein Irrtum, wie Forscherinnen und Forscher des europäischen Projektes *MiningImpact* herausfanden: Die ökologische Vielfalt dort ist enorm, besonders an den Stellen, wo viele Manganknollen auf dem Meeresboden liegen: Schlangensterne [1], Seeanemone [2], Seestern [3], Seeigel [4], Weichkoralle [5] Schwamm [6] und Seegurke [7].

Fotos: ROV KIEL 6000 / GEOMAR



4



5



6



7