



## INFORMATION

# Seltene Erden in marinen mineralischen Rohstoffen der Tiefsee

Februar 2026

**Die für den Hochtechnologiebereich sowie für die Energie- und Mobilitätswende wichtigen Seltenen Erden könnten künftig auch im Tiefseebergbau gewonnen werden**

Vor dem Hintergrund der aktuellen geopolitischen Herausforderungen zur Diversifizierung und Sicherung der Rohstoffversorgung für Deutschland und Europa informiert die [KDM-Strategiegruppe Marine Mineralische Ressourcen](#) über die Vorkommen von Seltenen Erden in den marinen mineralischen Rohstoffen der Tiefsee.

### 1. Einführung und Problemstellung

Die Gruppe der Seltenen Erden umfasst 15 wirtschaftlich relevante Elemente, die aufgrund ihrer ähnlichen geochemischen Eigenschaften meistens gemeinsam in Lagerstätten vorkommen. Zu den weltweit wichtigsten Verwendungen zählen Permanentmagnete (29 % in 2020), Chemie- und Autokatalysatoren (20 %), Poliermittel (14 %), Eisen- und Stahllegierungen (9 %), Glas (8 %) sowie weitere Anwendungen beispielsweise in der Medizintechnik (Elsner et al., 2025). Die insbesondere für die neuen Technologien (Windkraft, E-Mobilität) wichtigsten Seltenen Erden sind Neodym (Nd), Praseodym (Pr), Terbium (Tb) und Dysprosium (Dy).

Die meisten Landlagerstätten finden sich in bestimmten Festgesteinen (v. a. Karbonatite), in mechanisch

angereicherten Sedimentablagerungen (den sog. Schwermineralseifen) und in chemisch angereicherten Tongesteinen (Ionenadsorptionstone). Seltene Erden werden in 18 Ländern durch Bergbau gefördert, wobei China mit einem Anteil von 69 % an der Gesamtfördermenge dominiert (Stand 2024). Bei der Aufbereitung und Weiterverarbeitung zu hochreinen Verbindungen hat China einen Weltmarktanteil von 93 %. Das für die komplexe und kapitalintensive Weiterverarbeitung benötigte Know-how ist wenig verbreitet und für die schweren Seltenen Erden (z.B. Terbium und Dysprosium) derzeit nur in China und Frankreich vorhanden. Damit stellen Seltene Erden nicht nur rohstoffwirtschaftliche, sondern zunehmend auch sicherheits- und industriepolitische Schlüsselressourcen dar.

Hohe Umweltbelastungen durch die eingesetzten Chemikalien sowie freiwerdende Schwermetalle und die Anreicherung radioaktiver Elemente (Uran, Thorium) sind problematische Gesichtspunkte der Weiterverarbeitung der Seltenen Erden. Ihre Recyclingrate (End-of-Life Recycling Input Rate) liegt in der EU derzeit bei unter 1 % und trägt somit nur marginal zur Versorgung bei. Die deutsche Wirtschaft verbraucht jährlich ca. 5000 t Seltene-Erden-

Verbindungen, die zum größten Teil aus China importiert und hauptsächlich für die Katalysatorenproduktion eingesetzt werden. Permanentmagnete, z.B. für Windkraftanlagen, werden hingegen direkt aus China importiert. Der Gesamtmarkt ist derzeit von einem leichten Überangebot, aber aufgrund geopolitischer Spannungen zumindest außerhalb Chinas von gestiegenen Preisen gekennzeichnet. Dies erleichtert etwas die Entwicklung neuer Abbauprojekte.

## 2. Seltene Erden in marinen mineralischen Rohstoffen

Als marine mineralische Rohstoffe gelten Manganknollen, Eisen-Mangankrusten, Massivsulfide, Seltene-Erden-reiche Tiefseeschlämme und Phosphorite. Als Quellen sind jedoch nur die Eisen-Mangankrusten, Phosphorite (Abbildung 1) und Tiefseeschlämme von Interesse, da nur diese Rohstoffe abbauwürdige Mengen an Seltenen Erden enthalten können. Typische Gesamtgehalte liegen hier zwischen ca. 0,05 % für Phosphorite und 0,5 % für Eisen-Mangankrusten (Hein et al., 2013,

2016). Abbauwürdige Gehalte der Lagerstätten an Land liegen bei 1 % bis 5 % für die Festgesteine, bei 0,5 % für Seifen und bei 0,05 % für Ionenaustauschtonen (Elsner et al., 2025). Die marinen Vorkommen können aufgrund ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung am ehesten mit den Seltenen-Erden-reichen Tonen an Land verglichen werden. Über die Gesamtgehalte an Seltenen Erden hinaus sind eine Reihe weiterer Faktoren für die Abbauwürdigkeit einer Lagerstätte von Bedeutung: Neben den Anteilen der technologisch wichtigen Seltenen Erden Neodym, Praseodym, Dysprosium und Terbium sind auch die Größe einer Lagerstätte, ihr geologischer Aufbau und ihre Tiefe im Untergrund, die Aufbereitbarkeit der Erze und nicht zuletzt die Marktpreise entscheidend. In Landlagerstätten sind meistens nur die sog. leichten Seltenen Erden (inkl. Neodym) in signifikanten Mengen angereichert. Schwere Seltene Erden, zu denen Dysprosium und Terbium gehören, kommen an Land nur in Tonlagerstätten in abbauwürdigen Mengen vor. Im Gegensatz dazu enthalten marine Vorkommen oft hohe Anteile an schweren Seltenen Erden.



Abbildung 1: Beispiele für Eisen-Mangankrusten (A, B) und Phosphorite (C, D) vom Meeresboden. Quelle: A, B: BGR, C: Hein et al. (2016), D: Kudrass et al. (2017).

Eisen-Mangankrusten treten als 3–15 cm dicke Überzüge auf Festgesteinen an untermeerischen Bergen (sog. Seamounts) auf (Abbildung 1), von denen es allein im Pazifischen Ozean mehrere Tausend gibt (Gevorgian et al., 2023), was die große Fläche von potenziellen Eisen-Mangankrusten-Vorkommen erklärt (Abbildung 2). Phosphorite kommen ebenfalls an Seamounts vor, wo phosphorreiche Minerale Gesteinsfragmente und Sedimente am Meeresboden zu festen Gesteinen zementieren oder knollenartige Fragmente im Sediment bilden (Abbildung 1).

Die unverfestigten, Seltene-Erden-reichen Tiefseeschlämme bedecken großflächig den Meeresboden (mehrere 100 km<sup>2</sup>) in den Tiefsee-Ebenen jenseits von 4000 m Wassertiefe. Dabei bilden sie 10 – 20 m dicke Lagen im Sediment, die entweder direkt am Meeresboden anstehen oder unter einer meterdicken Sedimentschicht liegen (Takaya et al., 2018; Kato et al., 2011).

Manganknollen und Massivsulfide haben hingegen nur sehr geringe Seltene-Erden-Gehalte, die nach derzeitigem Stand der Technik nicht abbaubar sind.

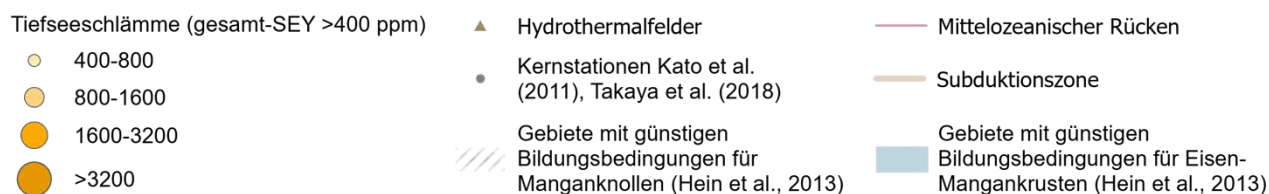
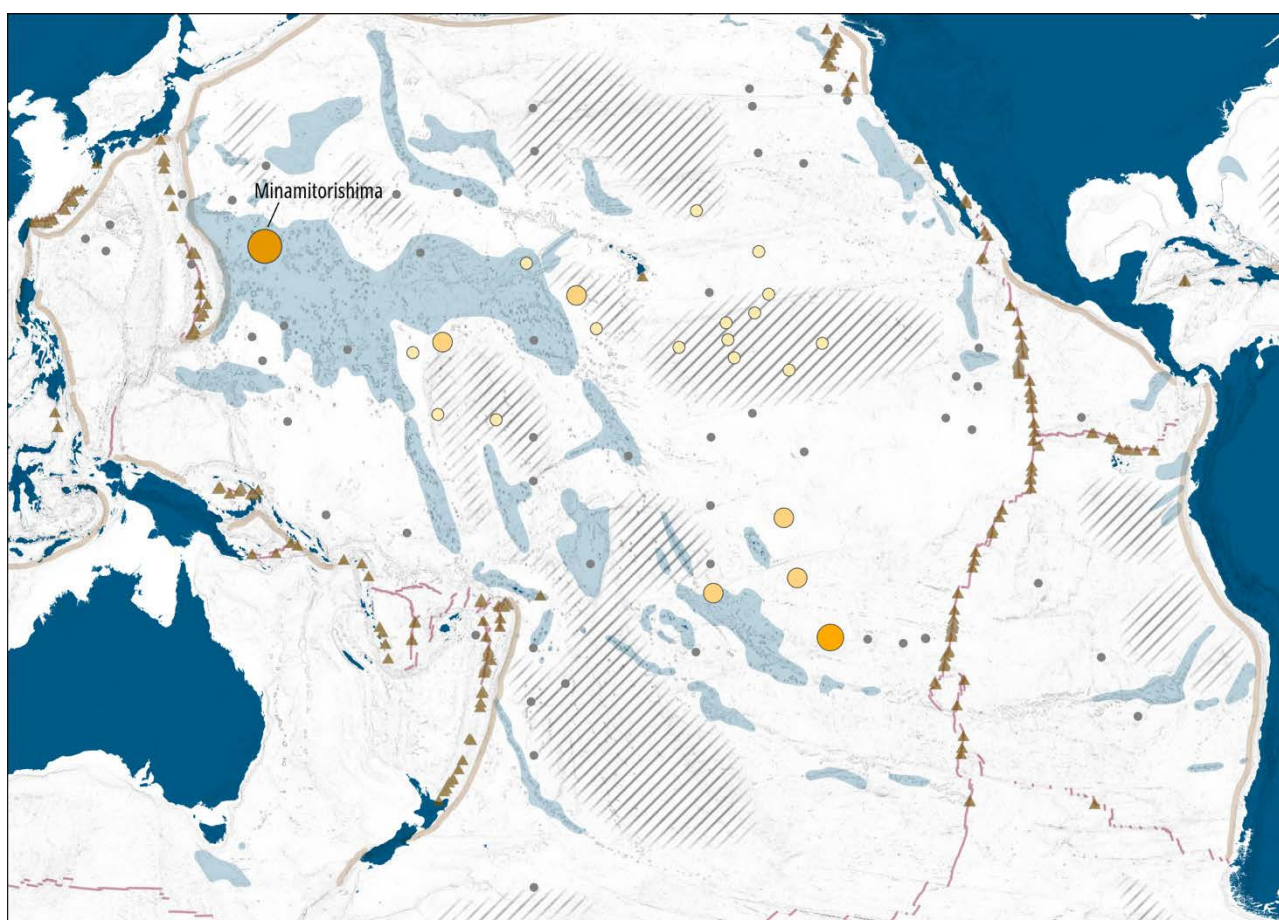


Abbildung 2: Karte des Pazifischen Ozeans mit bekannten und vermuteten Vorkommen von Eisen-Mangankrusten, Seltene-Erden-reichen Tiefseeschlämmen (nachgewiesen in Bohrkernen als Gehalt der Seltene Erden inkl. Yttrium – SEY) und Manganknollen, die für einen Tiefseebergbau interessant sein könnten. Zusätzlich gezeigt sind Massivsulfide an bekannten Hydrothermalefeldern. Abbildung: Anna Krättschell/MMR/GEOMAR.

### 3. Abbaumethoden, Umwelt, Wirtschaftlichkeit

Die Japan Agency for Marine Earth Science and Technology (JAMSTEC) hat Anfang 2026 mit einem Testabbau von Seltene-Erden-reichen Tiefseeschlämmen nahe Minamitorishima im Westpazifik begonnen (Abbildung 2). Die Vorräte werden dort auf 1,2 Mio. Tonnen Seltene-Erden-Oxide geschätzt, was den aktuellen globalen Bedarf an Terbium für 32 Jahre und Dysprosium für 56 Jahre decken könnte (Takaya et al., 2018). Der Tiefseeschlamm soll dabei abgesaugt, die Seltene-Erden-reiche Mineralfraktion mechanisch angereichert und schließlich hydrometallurgisch verarbeitet werden.

Auch bei den Eisen-Mangankrusten ist JAMSTEC Vorreiter und hat bereits Abbautechnologie getestet, mit der 649 Kilogramm Krustenmaterial an einem Seamount im Westpazifik gewonnen wurden (Roland Berger, 2025). Deutsche Wissenschaftler erforschen Eisen-Mangankrusten im zentralen Ostatlantik und vor der Küste von Neuseeland. Das ökonomische Potenzial der Eisen-Mangankrusten kann dort an einzelnen Seamounts bereits sehr hoch sein, wenn es sich um tafelbergartige Erhebungen mit großer Gipffläche und regelmäßiger Krustenbedeckung handelt. So wurde an einer Gruppe von sieben Seamounts im Ostatlantik die Krustenmenge auf ca. 100 Millionen t mit 290.000 t an Seltenen Erden geschätzt (Torres-Rodriguez et al., 2026). Bei einem derzeitigen Verbrauch von 5000 t pro Jahr könnte die deutsche Industrie über 58 Jahre mit Seltenen Erden versorgt werden.

Während es für die Tiefseeschlämme bereits ein Aufbereitungsverfahren gibt, steht die Entwicklung eines solchen im Hinblick auf die Gewinnung von Seltenen Erden aus den Eisen-Mangankrusten noch aus. Aufgrund ihrer Bindungsformen in Eisen-Mangankrusten können ähnliche hydrometallurgische Verfahren wie bei den Tiefseeschlämmen zur Anwendung kommen. Erste Untersuchungen in diese Richtung gibt es bereits (Hein et al., 2016; BGR-Daten). Die Wirtschaftlichkeit ihres Abbaus kann derzeit aber noch nicht bewertet werden. Allerdings weisen die Eisen-Mangankrusten neben den Seltenen Erden noch weitere, für die Hochtechnologie

benötigte Elemente wie Kobalt, Tellur, Scandium und Platin in ökonomisch relevanten Mengen auf. Zudem enthalten sie nur sehr geringe Konzentrationen an radioaktiven Elementen wie Uran und Thorium, die bei der Weiterverarbeitung von Seltenen Erden aus Landlagerstätten abgetrennt und aufwändig deponiert werden müssen.

Umweltbelastungen rücken bei einem möglichen zukünftigen marinen Bergbau von Eisen-Mangankrusten ebenfalls in den Fokus. Beispielsweise gelten Seamounts als äußerst vulnerable Ökosysteme (Watling & Auster, 2017). Sie sind fast immer vulkanischen Ursprungs und erheben sich einzeln oder in Ketten bis mehrere tausend Meter über den Meeresboden der Tiefseeebenen. Seamounts bilden Hindernisse für Wasserströmungen und erzeugen Verwirbelungen, die für stark erhöhten Nahrungseintrag sorgen. Felsige oder mit Eisen-Mangankrusten überzogene Hänge bieten Siedlungsgrund für habitatstrukturierende Organismen wie Tiefseekorallen und Schwämme, die wiederum vielfältige Lebensräume für weitere Arten schaffen (Morgan et al., 2015; Shen et al., 2021). Aus diesen Gründen sind Seamounts Hotspots der biologischen Produktion sowie auch der Biodiversität, mit einer Vielzahl von Arten, die in den umgebenden Tiefseeebenen nicht existieren können. Wenn Seamounts geographisch, hydrologisch und topographisch isoliert sind, bilden sie sehr wahrscheinlich Zentren genetischer Isolation, und es wird angenommen, dass solche isolierten Seamount-Ökosysteme Endemismen aufweisen, also Arten, die ausschließlich dort vorkommen (Rogers, 2018; Saito et al., 2025). Die Frage, inwieweit Populationen von angrenzenden Seamounts miteinander vernetzt sind und die derzeitigen Umweltbedingungen dies beeinflussen, ist Gegenstand intensiver Erforschung.

### 4. Schlussbemerkung

Die Internationale Meeresbodenbehörde mit Sitz in Jamaika erarbeitet derzeit das Regelwerk für den Abbau von marinen mineralischen Rohstoffen in internationalen Gewässern, unter welches auch die hier

genannten Rohstoffe fallen. Neben den bereits vorhandenen Regularien zur Erkundung dieser Rohstoffe werden damit verbindliche Rechtsvorschriften für einen möglichen Tiefseebergbau vorliegen. Dies

könnte es auch Deutschland und weiteren europäischen Ländern ermöglichen, über den Tiefseebergbau eine Diversifizierung des Bezugs kritischer und strategisch wichtiger Rohstoffe zu erreichen.

## Literatur

- Elsner, H., Erdmann, M., Liedtke, M. (2025). Seltene Erden. DERA-Rohstoffinformationen, 61, 245 S. Berlin.
- Gevorgian, J., Sandwell, D. T., Yu, Y., Kim, S.-S., & Wessel, P. (2023). Global distribution and morphology of small seamounts. *Earth and Space Science*, 10. <https://doi.org/10.1029/2022EA002331>
- Hein, J.R. et al. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.12.001>.
- Hein, J.R. et al. (2016). Marine phosphorites as potential resources for heavy rare earth elements and yttrium. *Minerals*, 6, 88, DOI:10.3390/min603088.
- Kato, Y et al. (2011). Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements. *Nature Geoscience*. DOI:10.1038/NGEO1185.
- Kudrass, H., Wood, R., Falconer, R. (2017). Submarine phosphorites: the deposits of the Chatham Rise, New Zealand, off Namibia and Baja California, Mexico – origin, exploration, mining and environmental issues. In Sharma, R. (ed): *Deep-Sea Mining*. DOI 10.1007/978-3-319-52557-0\_5.
- Morgan, N. B., Cairns, S., Reiswig, H., & Baco, A. R. (2015). Benthic megafaunal community structure of cobalt-rich manganese crusts on Necker Ridge. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 104, 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.07.003>
- Torres-Rodriguez, N.T., Kuhn, T., Petersen, S., Augustin, N., and van der Zwan, F. (2026), Ferromanganese nodules and crusts from the Bathymetrists Seamounts and the Sierra Leona Rise in the eastern Equatorial Atlantic Ocean: mineralogy, geochemistry, genesis and resource potential. In prep.
- Rogers AD. "Chapter Four - the Biology of Seamounts: 25 Years On." In *Advances in Marine Biology*. Edited by Charles Sheppard. Vol. 79: Academic Press, 2018
- Roland Berger (2025). *Deep-sea mining: A promising critical mineral solution*. Munich, 27 pp.
- Takaya, Y. et al. (2018). The tremendous potential of deep-sea mud as a source of rare-earth elements. *Scientific Reports*. DOI:10.1038/s41598-018-23948-5.
- Saito, N., Kise, H., Washburn, T. W., Ikeuchi, E., Iguchi, A., Kamoshida, H., & Suzuki, A. (2025). Seamount larval dispersal networks: A potential strategy for conserving ecological connectivity from deep-sea mining. *Ecological Applications*, 35(7), e70086. <https://doi.org/10.1002/eap.70086>
- Shen, C., Lu, B., Li, Z., Zhang, R., Chen, W., Xu, P., ... & Zhang, D. (2021). Community structure of benthic megafauna on a seamount with cobalt-rich ferromanganese crusts in the northwestern Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 178, 103661.
- Watling, L., & Auster, P. J. (2017). Seamounts on the high seas should be managed as vulnerable marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 4, 14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00014>