HANDLUNGSOPTIONEN

Die metallurgische Verarbeitung von Manganknollen nach dem „Zero-Waste-Konzept“

Dr. Thomas Kuhn (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR)

Die wertvollen Rohstoffe in Manganknollen machen nur einen kleinen Teil der Gesamtknollen aus. Bei den momentan verfügbaren Verarbeitungsverfahren würde ein Großteil der Knollenanteile ungenutzt auf Deponien landen. Damit die Nutzung von Manganknollen nachhaltig organisiert wird, müssen neue Wege eingeschlagen werden.

- Die in Manganknollen potentiell enthaltenen Rohstoffe, d. h. Metalle wie Kobalt, Nickel oder Kupfer, machen lediglich bis zu drei Gewichtsprozent aus.
- Aus diesem Grund wurde ein Verfahren entwickelt, welches die Verwendung der gesamten Knolle im Sinne eines „Zero-Waste-Ansatzes“ ermöglicht.
- Dieses „Zero-Waste-Konzept“ ist bislang weltweit einmalig und wurde im erweiterten Labormaßstab (20–30 Kilogramm Knollen pro Versuch) bereits erfolgreich getestet.

Zur Wertschöpfung beim Abbau mariner mineralischer Rohstoffe gehören neben der Gewinnung und dem Transport des Rohstoffs vom Meeresboden auch die Extraktion der Metalle und die Herstellung verkaufsfähiger Zwischenprodukte. Ein Verfahren zur Extraktion von Metallen aus Manganknollen existiert im industriellen Maßstab noch nicht, da es keine landgebundenen Lagerstätten gibt, die den Manganknollen ähnlich sind und daher keine entsprechende Verarbeitungsindustrie aufgebaut wurde. Die Entwicklung eines solchen Verfahrens sowie der Aufbau entsprechender Industrieanlagen beanspruchen nach aktuellen ökonomischen Modellen 50–60 Prozent der Investitionskosten und rund die Hälfte der Betriebskosten eines industriellen Manganknollenabbaus.

Manganknollen sind potentielle Rohstoffe für die Metalle Kobalt, Nickel, Kupfer und Molybdän, die allerdings nur in relativ geringen Mengen in den Knollen enthalten sind. Sie machen lediglich bis zu drei Gewichtsprozent aus. Bisher wurden im Labormaßstab Extraktionsverfahren entwickelt, die sich in den meisten Fällen nur auf diese Metalle beschränken. Es ist u. a. aufgrund des Nachhaltigkeitsaspektes jedoch nicht mehr vertretbar, den Großteil der Knollen, nämlich die Eisen- und Manganoxid-Trägerphasen, ungenutzt zu deponieren. Aus diesem Grund wurde von den Instituten für Metallurgische Prozesstechnik & Metallrecycling (IME) und Aufbereitung mineralischer Rohstoffe (AMR) an der RWTH Aachen gemeinsam mit der BGR ein kombiniertes hydro- und pyrometallurgisches Verfahren entwickelt, welches die Verwendung der gesamten Knolle im Sinne eines „Zero-Waste-Ansatzes“ ermöglicht. Unter „Zero-Waste“ wird hierbei die Herstellung verkaufsfähiger Zwischenprodukte aus den Manganknollen verstanden, ohne dass eine Restphase deponiert werden muss. Benutzte Reaktionsmittel wie Flussmittel oder Säuren sollen entweder im Kreislauf geführt oder in die Zwischenprodukte eingebaut werden.

Konventionelle Extraktionsverfahren intelligent miteinander verbinden

Konventionelle Verarbeitungsverfahren für mineralische Rohstoffe bestehen in der Regel aus einer mechanischen Aufbereitung zu Voranreicherung von Wertstoffen in Konzentraten, ge-

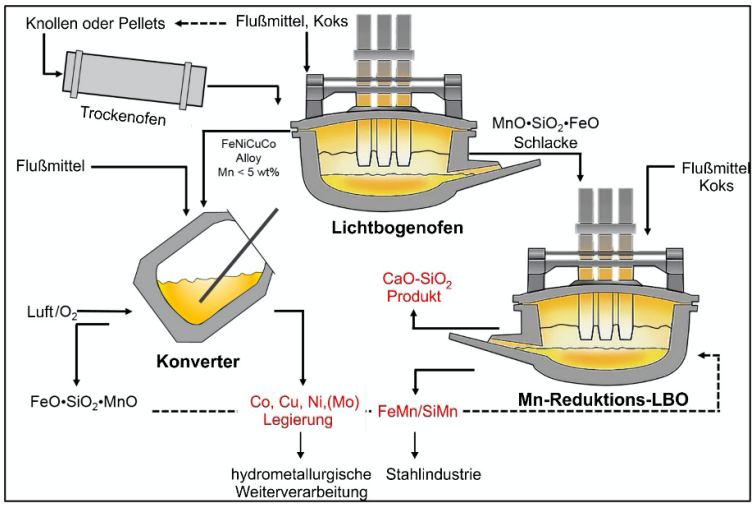

Abb. 1: Optimierte, „Zero-Waste"-Prozessroute zur metallurgischen Verarbeitung von Manganknollen. Der rot markierte Text stellt die Zwischenprodukte der pyrometallurgischen Verarbeitung dar. Grafik: RWTH Aachen/IME

folgt von einer metallurgischen Weiterverarbeitung zu Metallen. Die mechanische Aufbereitung von Manganknollen mittels konventioneller Aufbereitungsverfahren wie zum Beispiel Magnetscheidung, Dichtetrennung oder Flotation ist nicht durchführbar, weil die Trägerphasen der Metalle (Mangan- und Eisenoxide) sehr feinkörnig ausgebildet und miteinander verwachsen sind. Daher müssen die Knollen nach einer Trocknung und Vorbrechung komplett aufgeschlossen werden. Hierzu wurde der sogenannte INCO-Prozess des früheren deutsch-kanadischen Konsortiums Ocean Management Inc. (OMI) adaptiert und weiterentwickelt (siehe Friedmann et al., 2016).

In diesem Verfahren werden die Knollen zunächst mit Flussmitteln und Koks in einen Elektrolichtbogenofen chargiert. Durch die chemische Reduktion der Oxide mit Kohlenstoff entsteht eine Eisen-Nickel-Kupfer-Kobalt-Molybdän-Metallphase. Weiterhin wird eine manganreiche Schlacke gewonnen, die in weiteren Aufschmelzungsschritten zu Ferromangan und Silicomangan reduziert wird. Beide Zwischenprodukte werden bei der Stahlherstellung verwendet. Ein weiteres Produkt des pyrometallurgischen Prozesses ist eine Kalzium- und Silizium-reiche Schlacke für die Bauindustrie (s. Abb.1, rechte Seite).

Die im ersten Schmelzschritt gebildete eisenreiche Metallphase wird in einen Konverter überführt, um die Zielmetalle Nickel, Kupfer, Kobalt und Molybdän vom Eisen zu reinigen (s. Abb. 1, linke Seite). Die so entstandene eisenarme Metall-Legierung wird hydrometallurgisch unter Verwendung spezieller Verfahren wie zum Beispiel Ionenaustauscher, Solventextraktion oder Gewinnungselektrolyse weiterverarbeitet und in Zwischenprodukte überführt. Hierzu zählen beispielsweise Kobaltsalze für die Lithium-Ionen Batterieherstellung oder Kathoden-Kupfer.

Dieses „Zero-Waste-Konzept" ist bislang weltweit einmalig und wurde im erweiterten Labormaßstab (20–30 Kilogramm Knollen pro Versuch) bereits erfolgreich getestet. In einem nächsten Schritt wird dieses Verfahren im Rahmen eines Demonstrationsprojektes in den industriellen Maßstab überführt. Nur so kann die Machbarkeit des „Zero-Waste-Konzeptes" im industrienahen Maßstab nachgewiesen werden. Dieser Schritt ist neben der technologischen Realisierung auch für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit und die technische Auslegung eines Aufbereitungswerkes notwendig.

Beitrag erstellt am 6. Dezember 2018

	Mn	Ni	Cu	Co	Mo	V	Fe	Si	Al	Mg	Ca	SEY*
Gewicht in %	31,1	1,4	1,2	0,17	0,06	0,06	6,2	6,1	2,3	1,9	1,7	0,07

Tabelle 1: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Manganknollen des deutschen Lizenzgebietes (N=741). Daten: BGR
* SEY = Summe der Seltene Erden Elemente und Yttrium

Referenzen

- Friedmann, D. & Friedrich, B. (2016). Optimized Slag Design for Maximum Metal Recovery during the Pyrometallurgical Processing of Polymetallic Deep-Sea Nodules. In R. G. Reddy, P. C. Pistorius & U. Pal (Hrsg.), *Advances in Molten Slags, Fluxes, and Salts: Proceedings of the 10th International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts* (S. 97-104). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-48769-4_10

Impressum

Herausgeber
Helmholtz-Zentrum Potsdam,
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Redaktion
Jana Kandarr
Oliver Jorzik

Layout
Pia Klinghammer

E-Mail: redaktion-eskp@gfz-potsdam.de

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:
https://themenspezial.eskp.de/rohstoffe-in-der-tiefsee/inhalt-937105/

Stand: Dezember 2018
Heft-DOI: **https://doi.org/10.2312/eskp.2018.2**

Zitiervorschlag:
Jorzik, O., Kandarr, J. & Klinghammer, P. (2018). *ESKP-Themenspezial Rohstoffe in der Tiefsee. Metalle aus dem Meer für unsere High-Tech-Gesellschaft.* Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi: 10.2312/eskp.2018.2

Einzelartikel:
[Autor*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In O. Jorzik, J. Kandarr & P. Klinghammer (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Rohstoffe in der Tiefsee. Metalle aus dem Meer für unsere High-Tech-Gesellschaft.* Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam,
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.

Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: eskp.de | CC BY 4.0