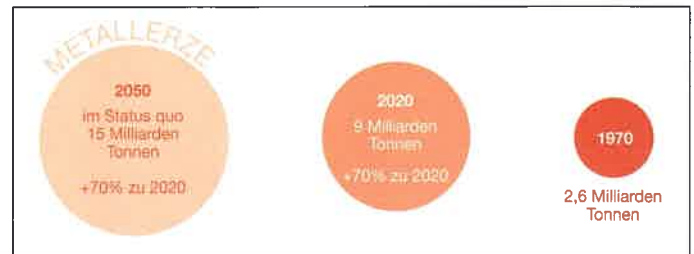
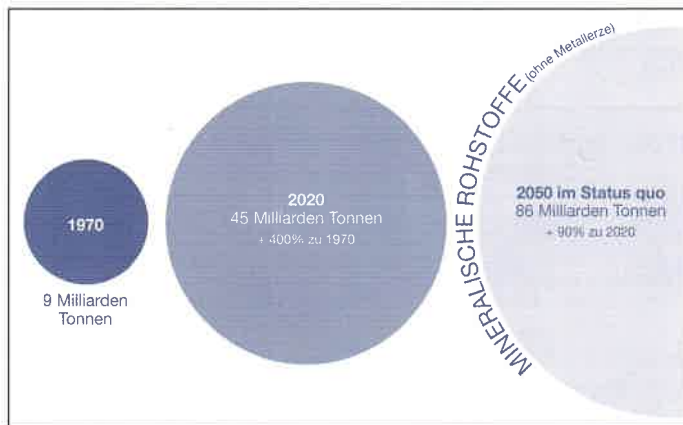




Wird unsere Rohstoffversorgung verantwortungsvoll ?

Die Nachfrage nach Rohstoffen steigt seit Jahrzehnten weltweit immer weiter an. 54 Mrd. Tonnen Erze mineralischer Rohstoffe werden aktuell jährlich gewonnen. Davon entfallen 9 Mrd. Tonnen auf die Metallerze und 45 Mrd. Tonnen auf die anderen mineralischen Rohstoffe, insbesondere Baurohstoffe, die meist regional produziert und verwendet werden (~ 560 Mio. Tonnen in Deutschland), während Metalle und Industriemineralien überwiegend international gehandelt werden. So verwundert es nicht, dass die deutsche Rohstoffversorgung auf den drei Säulen heimische Rohstoffgewinnung, Importe und Recycling basiert. Nach politischem Willen soll nun eine verstärkte Kreislaufführung von Rohstoffen über das Recycling und die Wiedernutzbarmachung von Gebrauchsgütern den Druck auf Primärrohstoffe abmildern. Andererseits sind die ungenutzten Potenziale der Rohstoffgewinnung weiterhin groß und bedürfen ebenso der politischen Förderung.



♦ Bild 1: Fakten zur globalen Rohstoffentnahme

Quelle: BGR, GERRI

Derzeit sind 12 % aller in Deutschland genutzten Rohstoffe Sekundärrohstoffe. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland damit nur im Mittelfeld.

International wird bisher nur ein geringer Teil des Rohstoffbedarfes durch Sekundärrohstoffe gedeckt. In der deutschen Raffinade- und Rohstahlproduktion kommen immerhin ~ 58 % des Aluminiums, ~ 44 % des Kupfers und ~ 45 % des Rohstahls aus sekundärer Produktion. Bei den Sondermetallen, wie zum Beispiel Gallium oder Indium, liegt die Recyclingquote aufgrund der geringen Rücklaufquote, der gestreuten Verteilung und den damit verbundenen hohen Kosten der Rückgewinnung in der Regel deutlich niedriger. Verarbeitete Nichtmetallrohstoffe, wie Ton (zu Ziegeln) oder Kalk (zu Zement), können nicht direkt zum Ausgangsmaterial recycelt, aber als Substitute für primäre Rohstoffe wieder in den Kreislauf eingebracht und so verwertet werden. In Deutschland wird von den anfallenden mineralischen Bau- und Abbruchabfällen mit rund 73 Mio. Tonnen etwa ein Drittel recycelt und wieder als Baustoffe verwendet. Der Bedarf an minerali-

schen Baustoffen von 587 Mio. Tonnen kann damit zu rund 12 % gedeckt werden. Auch wird in Deutschland überwiegend sogenannter REA-Gips eingesetzt, der aus den Abgasen der Rauchgasentschwefelungsanlagen von Kohlekraftwerken (mehr als 50 % des in Deutschland generierten Gipses, > 11 Mio. t) gewonnen wird. Der Ausstieg aus der Kohleverstromung wird daher mit einem signifikanten Anstieg der Gipsproduktion aus primären Lagerstätten verbunden werden müssen. Dafür ist bisher noch nicht in ausreichendem Maße Vorsorge getroffen. Ein politisches Ziel ist allerdings dafür, den Ressourcenverbrauch insgesamt deutlich zu senken. Zudem soll die Versorgung mit Sekundärrohstoffen deutlich gesteigert und die Rohstoffgewinnung generell ressourcenschonender und klimaneutraler gestaltet werden. Dies muss einhergehen mit einer längeren Nutzungsdauer der Rohstoffe in Produkten und Produktkreisläufen sowie einer möglichst vollständigen Rückgewinnung der in den Produkten enthaltenen Rohstoffe. Nur so kann die Ressourceneffizienz insgesamt deutlich erhöht und das langfristige Ziel, eine Schließung der Stoffkreisläufe, realisiert werden. Diese Ziele

stehen im Einklang mit den Nachhaltigkeits- und Klimazielen der Bundesregierung, die in der aktuellen Rohstoffstrategie und dem aktuellen Ressourceneffizienzprogramm verankert sind und auch mit dem Green Deal der Europäischen Union konform gehen.

Technologische Innovationen

Zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Umweltschutzes bieten technologische Entwicklungen viele neue Möglichkeiten. Bereits das Auffinden neuer Lagerstätten kann durch intelligente Datenverarbeitung und multikriterielle Interpretation über künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen erleichtert werden. Eine zunehmende Automatisierung der Primärrohstoffgewinnung und -verarbeitung kann dabei helfen, die Ressourceninanspruchnahme des Bergbaus deutlich zu verringern. Über eine selektive und autonome Gewinnung sowie eine sensorgestützte Vorsortierung in den nachfolgenden Prozessschritten können Energiebedarf und Ressourcenverbrauch drastisch reduziert werden. Zudem wird die Gewinnung aus kleinen, schwer zugänglichen Lagerstätten, die bislang technisch und wirtschaftlich nicht nutzbar sind, möglich.



Bild 2: Struktur des Aachener Kompetenzzentrums für Ressourcentechnologie
Quelle: AKR e.V.

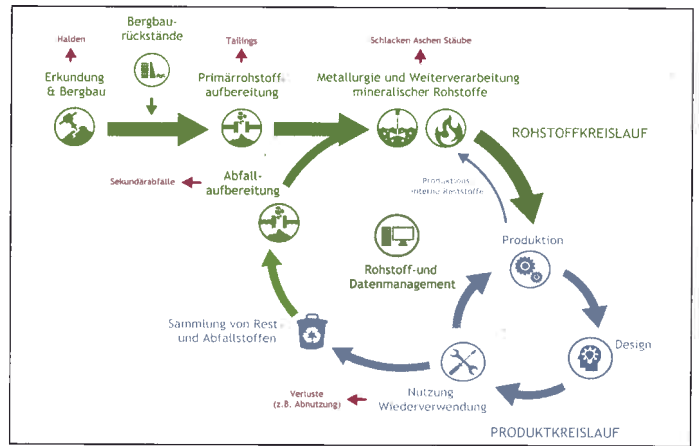


Bild 3: Modell einer kreislauforientierten Wirtschaft
Quelle: BGR, GERRI

So kann das primäre heimische Rohstoffangebot in Deutschland und Europa diversifiziert und besser genutzt werden. Die Herausforderungen für einen ressourceneffizienten Bergbau sind dabei groß. Digitalisierung und Automatisierung bieten großes Potenzial für einen ressourcenschonenden, optimierten, sicheren und nachhaltigen Bergbau. Dafür müssen aber vor allem die Kommunikation, Vernetzung und künstliche Intelligenz im Sinne autonomer Gewinnungssysteme ausgebaut und ihre Anwendung im Bergbausektor in der Breite gefördert werden. Dabei gilt es vorrangig, eine übergreifende Vernetzung zu dem nachgeschalteten Prozess der Aufbereitung und Metallurgie herzustellen.

Aufbereitung und Metallurgie im Aufbruch

Bei der Aufbereitung von Rohstoffen steht ein möglichst hohes Ausbringen aller werthaltigen Komponenten im Vordergrund. Deren Gehalte liegen bei Steinen und Erden sowie den Erzen der Industriemineralien wie Fluss- und Schwespat relativ hoch, bei den Metallerzen teilweise nur bei niedrigen Prozentwerten (zum Beispiel nur durchschnittlich 0,7 % beim Kupferabbau). Ein entscheidender Aspekt bei der Aufbereitung von Primärrohstoffen ist die Reduktion des hohen Energiebedarfs, insbesondere bei der Zerkleinerung von feinkörnigen Erzen. Verbesserungspotenzial bietet auch hier die Automatisierung in Kombination mit der Digitalisierung, insbesondere durch eine gezielte Maschinensteuerung und Prozessüberwachung. Mit einer selektiven Gewinnung und der präzisen Charakterisierung von Erzen und Roh-

materialien sind noch Effizienzsprünge möglich. Eine sensorgestützte Vorsortierung kann die Aufbereitungsprozesse von Erzen aber auch von Sekundärrohstoffen optimieren. Ein besonders hohes Optimierungspotenzial liegt zudem an der Schnittstelle der Aufbereitung zur Metallurgie.

Die metallurgischen Methoden sind für Gewinnungs- und Recyclingprozesse von Metallen durch Extraktion und Raffination elementar. Neben oder in Kombination mit pyrometallurgischen Prozessen bieten hydrometallurgische Verfahren wie die (Atmosphären-)Druck- oder Biolaugung verschiedene Möglichkeiten, Metalle aus Primär- und Sekundärrohstoffen mit Lösungen oder Mikroorganismen zu extrahieren. Große Effizienzpotenziale bestehen aufgrund des hohen Energie- und Chemikalienbedarfs in den metallurgischen Verfahren und Prozessen. Dies gilt zum Beispiel im Bereich der Pyrometallurgie für den Ersatz von kohlenstoff- durch wasserstoffbasierte Reduktionsprozesse, den Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien in Elektroofenprozessen und die Substitution primärer fossiler Energieträger durch Biomassebasierte Kokse. Im Bereich der Hydrometallurgie stehen die Reduzierung des Frischwasserverbrauchs und der Abwassermengen sowie die Reduzierung einzusetzender Chemikalienmengen etwa durch intelligent gesteuerte Gegenstromprozesse und den Ersatz bestimmter Chemikalien durch umweltfreundlichere Alternativen im Fokus.

Kreislauforientierte Rohstoffwirtschaft

Wenn ein Produkt das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat, verbleiben die

Ressourcen idealerweise im Kreislauf, so dass sie immer wieder produktiv genutzt werden können und damit eine weitere Wertschöpfung ermöglichen. Die kreislauforientierte Rohstoffwirtschaft schließt die bergbaulich gewonnenen Primärrohstoffe als erste Säule der Versorgung ausdrücklich mit ein. Eine Primärrohstoffgewinnung ist aufgrund des weiter steigenden Rohstoffbedarfes unabdingbar.

Erst mittel- bis langfristig können, auch aufgrund einer anzustrebenden längeren Produktnutzungsdauer und eines „gefüllten“ anthropogenen Rohstofflagers, Rohstoffe in signifikanten Mengen im Kreislauf geführt werden und sekundäre Rohstoffe die Nachfrage decken. Unterschieden wird dabei zwischen Produkt- und Rohstoffkreislauf. Die Herausforderung an den Produktkreislauf besteht darin, die darin verwendeten Rohstoffe solange wie möglich zu nutzen (Langlebigkeit der Produkte) sowie die Rohstoffe so zu verwenden, dass sie mit möglichst geringem Aufwand dem Rohstoffkreislauf wieder zugeführt werden können. Der Rohstoffkreislauf, der den Produktkreislauf mit Rohstoffen füllt, wird aus diesem aber auch mit den unvermeidlichen Rest- und Abfallstoffen versorgt. Um Kreislaufwirtschaft zu erreichen, wird deshalb ein umfassendes Stoff- und Prozessmanagement benötigt, so dass der Wandel hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft gelingen kann. Ergo, mit einer gesteigerten Ressourceneffizienz im Bergbau können die Prozesse zukünftig noch besser als bisher aufeinander abgestimmt werden, so dass eine verantwortungsvolle Rohstoffversorgung vor allem mit heimischen Ressourcen erreicht werden kann.