



Metalle, Baurohstoffe, Biomasse als Primärrohstoffe

Die mit der Gewinnung von Primärrohstoffen verbundenen ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen sind vielfältig und komplex. Je nach Rohstoff ergeben sich unterschiedliche Ansätze, um die Förderung und die Produktion umwelt- und sozialverträglicher zu gestalten. Für eine nachhaltige Rohstoffpolitik ist es daher notwendig, rohstoffspezifische Ziele zu definieren und passgenaue Maßnahmen zu erarbeiten.

Zudem ist es wichtig, darauf zu blicken, wie in Deutschland, Europa und global Rohstoffe gewonnen und verarbeitet werden und wie die gesetzlichen Rahmenbedingungen aussehen. Neben der Gewinnung von Primärrohstoffen ist es für eine nachhaltige Ressourcenpolitik essentiell, Rohstoffe möglichst lange zu nutzen und wiederzuverwerten. Einerseits sind die nationalen und internationalen Rahmenbedingungen dafür zu betrachten, andererseits werfen auch beim Recycling unterschiedliche Rohstoffe eine je eigene Problematik auf.

Auswirkungen und Risikopotenziale von Primärrohstoffen

Zunächst gilt es zu analysieren, welche Auswirkungen und Risikopotenziale verschiedene Rohstoffe hinsichtlich Ökonomie, Ökologie und Soziales haben.

- **Ökonomie:** Bestehen Versorgungsrisiken und welche Bedeutung hat die Ressource für die europäische Volkswirtschaft?
- **Ökologie:** Welche ökologischen Belastungen, wie Emissionen von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen, sind mit der Rohstoffgewinnung verbunden? Welche Auswirkungen hat sie auf den Wasserhaushalt und die Versauerung von Böden? Wie groß ist der Flächenverbrauch?
- **Soziales:** Wie ist es um Arbeitssicherheit und Kinderarbeit bestellt? Unterstützt der Abbau von Rohstoffen korrupte Regimes oder gewalttätige Konflikte?

Besonders negative Auswirkungen in diesen Bereichen, die sogenannten HotSpots, bilden nach der Analyse die Grundlage für die darauffolgende Definition rohstoffspezifischer Ziele. Beispielsweise wirkt sich die Produktion von Eisen und Stahl gleich in mehreren HotSpots aus: Treibhausgase und eine große Flächeninanspruchnahme verursachen ökologische Schäden. Zielgerichtete Maßnahmen, wie die Anzahl von Gebäudesanierungen zu steigern, um den Rohstoffbedarf zu reduzieren, können sich gleichzeitig mehreren Problemfeldern widmen.

Massen- und Nicht-Massenrohstoffe differenzieren

Rohstoffe lassen sich nach ähnlichen HotSpots in Cluster gruppieren. Zunächst können Massenrohstoffe (MR) und Nicht-Massenrohstoffe (NMR) differenziert werden.

Sand, Kies, Zement, Eisen, Kupfer und Kalisalze beispielsweise sind Massenrohstoffe. Ihre negativen Umweltauswirkungen werden über die hohe Nachfrage und die damit einhergehenden gewaltigen Fördermengen verursacht. Effizienzpotenziale bei der Gewinnung sind oftmals schon erschlossen. Eine strategische Zielsetzung liegt darin, die Primärnachfrage zu reduzieren und gleichzeitig den Anteil an Sekundärrohstoffen aus Recycling zu erhöhen.

Abbildung: Cluster der Massenrohstoffe

Cluster der Massenrohstoffe (MR)

Hohe Nachfrage und gewaltige Fördermenge verursachen Umweltauswirkungen

	Cluster MR 1	Cluster MR 2	Cluster MR 3	Cluster MR 4	Cluster MR 5	Cluster MR 6
Cluster-Name	Heimische Baurohstoffe	Baustoffe	Hauptmassenmetalle	Industriesalze	Sonstige Massenmetalle	Sonstige Massenrohstoffe
Cluster-Repräsentant	Kies	Zement	Eisen / Stahl	Kalisalz	Chrom	
Rohstoffe	Sand Kies Natursteine Ton Gips	Kalk gebrannt Zement	Eisen / Stahl Aluminium Kupfer	Kalisalz Steinsalz	Zink Blei Chrom Mangan	Schwefel Titandioxid Flussspat Baryt Phosphat Spezialsande

Quelle: Öko-Institut

Nicht-Massenrohstoffe, wie Seltene Erden, Lithium oder Platin, werden zumeist nur in kleinen Mengen benötigt, sind aber dennoch für viele grüne Technologien unersetzlich. Oftmals entstehen durch ihre Förderung erhebliche Umweltschäden und inakzeptable Arbeitsbedingungen. Innovationen bei den Methoden zur Gewinnung dieser Nicht-Massenrohstoffe sowie Druck auf die Hersteller, faire Löhne und Arbeitsschutz in ihren Lieferketten zu garantieren, sind hier zielführende Strategien.

Abbildung: Cluster der Nicht-Massenrohstoffe

Cluster der Nicht-Massenrohstoffe (NMR)

Sie werden nur in kleinen Mengen benötigt, sind aber dennoch für viele grüne Technologien unersetzlich. Ihre Förderung verursacht oft erhebliche Umweltschäden und inakzeptable Arbeitsbedingungen.

	Cluster NMR 1	Cluster NMR 2	Cluster NMR 3	Cluster NMR 4	Cluster NMR 5	Cluster NMR 6
Cluster-Name	Seltene Erden	Gut recycelbare Rohstoffe	Konflikte & Kleinbergbau	Besonderes Potenzielles Landschaftsrisiko	Phase-out-Materialien	Sonstige Nicht-Massenrohstoffe
Cluster-Repräsentant	Neodym	Platin	Zinn	Lithium	Cadmium	
Rohstoffe	Alle Seltene Erden: Praseodym Scandium Europium Terbium Erbium Thulium Yttrium Cer Neodym Samarium Gadolinium Dysprosium Ytterbium Lutetium Lanthan Holmium	Eisen-Metalle (Molybdän, Nickel, Niob) Nicht-Eisen-Metalle (Magnesium, Kobalt, Zinn) Edelmetalle (Ruthenium, Rhodium, Palladium, Iridium, Platin, Silber, Gold) Rhenium Wolfram Cadmium	Kobalt Zinn Silber Gold Tantal Wolfram	Lithium	Cadmium Quecksilber	Graphit Beryllium Gallium Selen Arsen Zirkonium Antimon Bismut Tellur Germanium Strontium Indium Barium Thallium Hafnium Titan Vanadium Osmium

Quelle: Öko-Institut

Rohstoffspezifische Ziele entwickeln

Die Einordnung der Rohstoffe in verschiedene Cluster hilft dabei, rohstoffspezifische beziehungsweise clusterspezifische Ziele zu formulieren. Denn die Rohstoffe eines Clusters haben mindestens einen gemeinsamen HotSpot, beispielsweise Arbeitssicherheit und Kinderarbeit oder Landschaftsinanspruchnahme.

Anhand eines Rohstoffs als „Cluster-Repräsentanten“ lassen sich nun detaillierte Maßnahmen und Instrumente zur Erreichung der Ziele erarbeiten. Diese widmen sich den oft vielschichtigen und facettenreichen Herausforderungen innerhalb des Clusters, um zu mehr Nachhaltigkeit in der Primärrohstoffgewinnung zu gelangen.

Beispiel Metalle: Stahl erfordert andere Strategien als Neodym

Zu den Massenmetallen zählen die Massenrohstoffe Stahl und Aluminium. Das wichtigste rohstoffspezifische Ziel ist hier die absolute Reduzierung des Primärbedarfs. Dies kann durch eine Erhöhung des Recyclinganteils geschehen, aber auch durch direkte Materialeinsparungen. So

würde eine Mobilitätsverlagerung weg vom individuellen motorisierten Fahrzeug den PKW-Bestand deutlich reduzieren und somit weniger Ressourcen benötigen.

Schlüsselrohstoffe für die sogenannten grünen Technologien, wie Elektromobilität oder Windenergieanlagen, sind verschiedene Metalle, wie Seltene Erden, auch wenn sie nur in geringen Mengen benötigt werden. Neodym beispielsweise ist in den Permanentmagneten von Windkraftanlagen unersetzlich. Auch in Handys, Laptops und anderen Elektronikprodukten steckt das Technologiemetall. Im Zuge der Energiewende wird der Bedarf an diesen Nicht-Massenrohstoffen zukünftig steigen.

Seltene Erden nachhaltig gewinnen

Mit der Gewinnung der Seltenen Erden sind weitreichende ökologische und soziale Probleme verbunden. Der Produktionsprozess benötigt große Mengen an Wasser und Chemikalien und hinterlässt giftige Schlämme. Die Arbeitssicherheit in den Produktionsländern ist meist unzureichend, zudem bestehen Risiken durch Korruption. Auch ökonomische Risiken sind relevant: rund 85 Prozent der weltweiten Neodym-Produktion stammen aus China, das so über eine Monopolstellung verfügt.

Zielführend sind beim Beispiel Neodym mehrere Strategien: Zunächst ist es notwendig, den weiter steigenden Bedarf aus nachhaltigen und zertifizierten Quellen zu decken. Sowohl Umweltschutz als auch Menschenrechte müssen entlang der gesamten Lieferkette angemessen berücksichtigt werden. Des Weiteren ist der Recyclinganteil, der heute nur ein Prozent beträgt, deutlich zu erhöhen. Eine Verlängerung der Lebensdauer von Elektronikprodukten könnte die Nachfrage hier zumindest dämpfen.

Beispiel Baurohstoffe: Mehr Recycling, weniger Neubau

Kies, Sand und Natursteine sind die wichtigsten heimischen Baurohstoffe. Ihnen ist gemein, dass sie gleichzeitig ein hohes Gewicht und einen eher geringen Wert aufweisen. Transporte über weite Strecken sind somit nicht lohnend, so dass die deutsche Bauindustrie ihren Bedarf fast ausschließlich hierzulande und meist regional deckt.

Problematisch bei der Gewinnung von Ressourcen dieses Rohstoff-Clusters sind vor allem die Risiken durch Flächeninanspruchnahme und Zerstörung des Landschaftsbildes. Kiesgruben und Steinbrüche hinterlassen Mondlandschaften, die erst über Jahrzehnte wieder renaturiert werden können.

Um dem entgegenzusteuern, ist einerseits eine Erhöhung des Sekundäranteils anzustreben. So kann Betonbruch Kies in Hochbauanwendungen ersetzen. Ebenso wichtig ist eine Verlängerung der Gebäudenutzung – Sanierung geht vor Neubau. Im Neubausektor selbst ist der Bau von Mehrfamilienhäusern deutlich ressourceneffizienter als die Errichtung von Einfamilienhäusern. Für den Rohstoff Natursteine sind als spezifische Maßnahmen das Asphaltrecycling sowie eine Reduzierung des Straßenbaus zielführend.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Öko-Instituts haben sich im Eigenprojekt „Rohstoffwende Deutschland 2049“ umfassend mit dem Thema auseinandergesetzt und Problematiken sowie Lösungsansätze analysiert.

[Abschlussbericht „Deutschland 2049 – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft“ ein Eigenprojekt des Öko-Instituts](#)

Beispiel Biomasse: Nachwachsend aber nicht unendlich verfügbar

Im Gegensatz zu den oben betrachteten Primärrohstoffen zählt Biomasse zu den nachwachsenden Rohstoffen. Das vielfältige Spektrum reicht von Holz bis zu pflanzlichen Rohstoffen für die Produktion von Textilien, Biokunststoffen oder Papier. Nahrungsmittel gehören ebenso dazu wie Energiepflanzen.

Doch auch die Verfügbarkeit von Biomasse ist limitiert, denn die globalen Anbauflächen sind begrenzt. Dadurch besteht in vielen Fällen eine Konkurrenz um Flächen, beispielsweise für die Erzeugung von Lebensmitteln. Auch trägt die Nutzung von Biomasse nicht automatisch zum Klimaschutz bei. Wenn beispielsweise für den Anbau von Energiepflanzen Wälder gerodet werden, ist die Klimabilanz negativ. Hinzu kommt, dass monokulturelle Biomasse-Anbauflächen die Artenvielfalt beeinträchtigen können.

Insofern gilt es, entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu analysieren, wie die Gesamtbilanz bei der Nutzung von Biomasse im jeweiligen Anwendungsbereich ausfällt. Strategien für eine nachhaltige Produktion von Biomasse beinhalten unter anderem eine stärkere Verwertung von Abfall- und Reststoffen, einen effizienteren Umgang mit der wertvolleren Ressource und eine Kopplung unterschiedlicher Biomassenutzungen. Beispielsweise sollte Holz zunächst als Bau- oder Möbelholz dienen und erst am Ende seiner Nutzungsdauer energetisch verwendet werden.

Studie: Lithium-Ionen-Batterien nachhaltiger produzieren

Mit den Schlüsselrohstoffen für die Elektromobilität beschäftigen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Öko-Instituts im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt „Fab4Lib“ gemeinsam mit 17 Partnern aus Wissenschaft und Industrie.

Auf Basis neuester globaler Mobilitätsszenarien berechneten sie die für eine zunehmende Elektrifizierung des Verkehrssektors notwendigen Batteriekapazitäten in Gigawattstunden. Sie haben eine stark wachsende Nachfrage für Lithium und Kobalt, aber auch für Nickel, Kupfer, Graphit und Silizium ermittelt. So errechnete das Forschungsteam einerseits, ob die globalen Ressourcen der Schlüsselrohstoffe ausreichend verfügbar sind, andererseits spielten aber auch die ökologischen und sozialen Folgen der Gewinnung eine Rolle.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kommen zu dem Ergebnis, dass die globalen Reserven der wichtigen Technologiemetalle zwar ausreichen, um die Nachfrage zu bedienen. Bei der zu erwartenden dynamischen Entwicklung können jedoch zeitlich begrenzte Engpässe auftreten. Um Deutschland unabhängiger von den globalen Entwicklungen der Batterie- und Akku-Zellproduktion zu machen, ist der Aufbau einer deutschen oder zumindest europäischen Zellproduktion empfehlenswert. Gleichzeitig sollte Deutschland anstreben, weniger von Rohstoffimporten abhängig zu sein. Ein umfassendes Recyclingsystem aufzubauen, legt hierfür die Grundlagen.

[Kurzstudie „Gigafactories für Lithium-Ionen-Zellen – Rohstoffbedarfe für die globale Elektromobilität bis 2050“ des Öko-Instituts im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung \(BMBF\)](#)

Projekt MoCa: Aufbereitung Seltener Erden aus Bergbaurückständen

In einem Forschungsteam aus fünf deutschen und drei brasilianischen Partnern arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Öko-Instituts daran, aus den Rückständen der Erzgewinnung in einer Niob-Mine, den sogenannten Tailings, Seltene Erden zu gewinnen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Forschungsprojekt „MoCa - Entwicklung einer Produktionskette für Seltenerd-Elemente aus Tailings des ultramafischen Alkali-Karbonatit-Komplexes Catalão/Goiás“.

Tailings sind feinkörnige Rückstände aus der Aufbereitung von Erzen. Meist sind sie toxisch belastet und lagern in Absetzbecken oder werden von Dämmen zurückgehalten. Bricht ein solcher Damm, wie beispielsweise 2019 bei der Eisenerzmine im brasilianischen Brumadinho, sind die Folgen verheerend. Aber auch sonst verursacht die Lagerung von Tailings gravierende Umweltschädigungen.

Das Projektteam erforscht moderne Aufbereitungstechnologien, um aus den Tailings, welche bei der Niob-Produktion anfallen, ein Konzentrat Seltener Erden zu gewinnen. Aufgabe des Öko-Institutes ist es, die ökologischen Auswirkungen der einzelnen, im Rahmen des Projektes entwickelten Verfahren zu analysieren und zu bewerten.

[Projekt MoCa „Entwicklung einer Produktionskette für Seltenerd-Elemente aus Tailings des ultramafischen Alkali-Karbonatit-Komplexes Catalão/Goiás“ im Auftrag des BMBF](#)

Weiterführende Informationen

[Projektwebsite „Global Stakeholder Platform for Responsible Sourcing \(RE-SOURCING\)“ auf der Website der Europäischen Kommission](#)

[Themenseite „The European innovation partnership \(EIP\) on raw materials“ auf der Website der Europäischen Kommission](#)

Kontakt zum Öko-Institut

Stefanie Degreif

Stellv. Leiterin im Bereich
Ressourcen & Mobilität (Darmstadt)

Öko-Institut e.V., Büro Darmstadt

Tel.: +49 6151 8191-125

E-Mail: s.degreif@oeko.de

Dr. Matthias Buchert

Leiter im Bereich
Ressourcen & Mobilität (Darmstadt)

Öko-Institut e.V., Büro Darmstadt

Tel.: +49 6151 8191-147

E-Mail: m.buchert@oeko.de

Dr. Hannes Böttcher

Senior Researcher im Bereich
Energie & Klimaschutz (Berlin)

Öko-Institut e.V., Büro Berlin

Tel.: +49 30 405085-389

E-Mail: h.boettcher@oeko.de

Das Öko-Institut ist eines der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungsinstitute für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. Das Institut ist an den Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin vertreten.