

Kritische Rohstoffe

***Ein Life-Cycle-Assessment
für Interessierte***

Entwickelt im Rahmen des Projektes



www.lca-meets-efs.net



Liebe Schüler*innen, Auszubildende, Studierende, Kolleg*innen und Interessierte,

mit dieser Handreichung möchten wir Ihnen das LCA Lernangebot zum Thema „Kritische Rohstoffe“ vorstellen.

Konzepte von Nachhaltigkeit mit Bezug zum naturwissenschaftlichen Unterricht sind beispielsweise in den Agenden 21 und 2030 dargelegt, etwa die Nachhaltigkeitsentwicklungsziele der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, kurz SDGs; 2015), oder die planetaren Leitplanken nach Rockström et al. (2009) sind vielleicht die bekanntesten. Diese Konzepte betonen häufig, so die SDGs interpretiert im Wedding Cake Model von Rockström und Sukhdev (2016), die Priorität der ökologischen Nachhaltigkeit gegenüber wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Entwicklung. Das ist sicher richtig. Aber: Was ist mit anderen Nachhaltigkeitsüberlegungen, die mehr wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen in den Vordergrund rücken? Etwa das Konzept der kritischen Rohstoffe der Europäischen Union (EC 2020) oder verwandter Überlegungen in anderen Ländern (z.B. Schulz et al. 2017; Hayes und McCollough 2018).

Kritische Rohstoffe sind solche mit einer hohen wirtschaftlichen Bedeutung bei gleichzeitigem Versorgungsrisiko. Das bekannteste Beispiel sind die leichten und schweren Seltenerdelemente, die ganz oben auf der alle drei Jahre veröffentlichten EU-Liste der kritischen Rohstoffe stehen, was das Versorgungsrisiko angeht. Zwar sind einige dieser Seltenerdelemente quantitativ auf der Erde gar nicht so selten, aber man findet sie eben nur in wenigen wirtschaftlich erschließbaren Quellen – vorrangig in China und der Inneren Mongolei. Ein anderes bekanntes Beispiel sind die Platingruppenmetalle, die in der Tat sehr selten sind, bei Platin sind es etwa nur 0,0005 ppm in der oberen Erdkruste (Zientek et al. 2017).

Eine bislang nur unzureichend erschlossene Quelle für einige dieser kritischen Rohstoffe wäre das konsequente Recycling von Elektronikschrott - gerade in Zeiten einer zunehmenden Digitalisierung von Wirtschaft, Mobilität oder Bildung. Damit eng verbunden sind auch Kompetenzen in der umweltgerechten, rechtskonformen und sicherheitstechnischen Behandlung von Chemikalien und chemischen Produktionsprozessen. Im Rahmen ihrer Masterarbeit hat Frau Jana-Christin Bütow ein Unterrichtskonzept entwickelt, das die Thematik kritische Rohstoffe darstellt und sich gleichermaßen mit dem Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie dem gesellschaftskritisch-problemorientierten Unterricht umsetzen lässt. Diese Umsetzung erfolgt mithilfe kooperativer Lernformen und ist eingebettet in eine digitale Lernumgebung.

Eine Internetpräsenz www.lca-meets-efs.net führt auf verschiedenen Niveaus in die Thematik des Life Cycle Assessments ein. Sie stellt zentrale Konzepte und Methoden vor und erläutert dies an Beispielen. Die Lernumgebung zur Kritikalität mineralischer Rohstoffe stellt eine willkommene Ergänzung dar.

Im Folgenden werden Ihnen kurz das Schülerlabor „*Life Cycle Assessment meets Education for Sustainability*“ kurz *LCA-meets-EfS*, die Gestaltung des Schülerlaborangebotes und sicherheitsrelevante Aspekte zum Verhalten im Labor für den Praxisanteil erläutert. Wir würden uns über einen Besuch im Schülerlabor sehr freuen,

das Projektteam des Schülerlabors „FreiEx“ an der Universität Bremen

I. Das Schülerlabor „FreiEx“ in der Chemiedidaktik der Uni Bremen

Ein Schülerlabor ist eine außerschulische Lernumgebung, die ein vorstrukturiertes Lernangebot umfasst. Das Besondere an einem Schülerlabor ist die Ergänzung von schulischem und außerschulischem Lernen und die Abstimmung auf die spezifischen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (SuS). Dies impliziert eine didaktische Gestaltung des Lernangebotes.

Das Schülerlaborangebot ist modular gestaltet, so dass es an verschiedene Lerngruppen flexibel angepasst werden kann und soll und zudem ein hohes Maß an innerer Differenzierung aufweist. Die digitalen Unterrichts- und Informationselemente, Experimentieranleitungen und Ergänzungsmaterialien sollen Schülerinnen und Schüler herausfordern, über Themen der Nachhaltigkeitsdebatte zu lernen und sich in entsprechenden Themenbereichen orientieren zu können. Zielgruppen dieser Schülerlaborangebote sind schulische und außerschulische Lerngruppen, Auszubildende sowie Studierende der naturwissenschaftlich-technischen Fachrichtungen und Interessierte.

II. Das Lehr-Lern-Material für Lehrkörper und Anwender

Ausgehend von aktuellen Fragen der Klima- und Nachhaltigkeitsdebatte soll diese Handreichung zum Lernangebot „*Kritische Rohstoffe*“ eine Einführung in die komplexe Thematik des Rohstoffflusses, der Gewinnung und letztendlich dem Recycling und der Wiederaufbereitung im Rahmen eines Life Cycle Assessments bieten. Geeignet ist das Material für Lernende ab der Sekundarstufe 9/10 der allgemeinbildenden und beruflichen Schulen und des Hochschulbereichs. Selbstverständlich kann/soll das angebotene Material auf das individuelle Leistungsvermögen und Interesse jeder Lerngruppe angepasst werden. Die digitale Lernumgebung ist mit der open source H5P erstellt, die über die App LUMI im Unterricht angewendet werden kann. Unter dem Link tinyurl.com/uerohstoffe kann sie aufgerufen werden.

Für Lehrkräfte/Ausbilder/Dozenten/Kursleiter enthält das Lernangebot folgende Unterlagen und Materialien bereit:

UNTERLAGEN:

- Lehrerinformation Lernangebot „*Kritische Rohstoffe*“.
- Lösungen für die 5 Expertengruppen „Smartphone, Solar, Beleuchtung, E-Auto & Windkraft“

ARBEITSMATERIAL:

je Gruppe 3 Arbeitsblätter:

- AB 1 FAKTEN-CHECK für die Expertengruppe
- AB 2 FAKTENTABELLE Endpunkte komprimiert
- AB 3 ARGUMENTATIONSBLATT für die GRUPPENDISKUSSION
-

ZUSATZMATERIAL:

- Datenpaket „Lerneinheit Kritische Rohstoffe“ als H5P-Anwendung zum download
- Vorschlag für die Gestaltung einer Podiumsdiskussion ab Beispiel von „Smartphones“ mit 4 Interessensgruppierungen.
- Liste zu Datenquellen, Medienangeboten, weiterführender Literatur, Bestelladressen

III. Erläuterungen zum Material

Im Mittelpunkt dieses Angebots steht eine mit H5P erstellte digitale Lernumgebung zu kritischen Rohstoffen im Chemieunterricht. Diese ist unter dem Link tinyurl.com/uerohstoffe zu erreichen und dient der Informationsbeschaffung und einem ersten Überblick über die Thematik.

Überblick über die erstellte Lernumgebung:

Basierend auf den Daten der Europäischen Kommission wurde ein Streudiagramm erstellt (Abb. 1). Dieses gibt die Positionen des jeweiligen Rohstoffs anhand seiner wirtschaftlichen Bedeutung (EI) und des Substitutionsindex (SR) an.

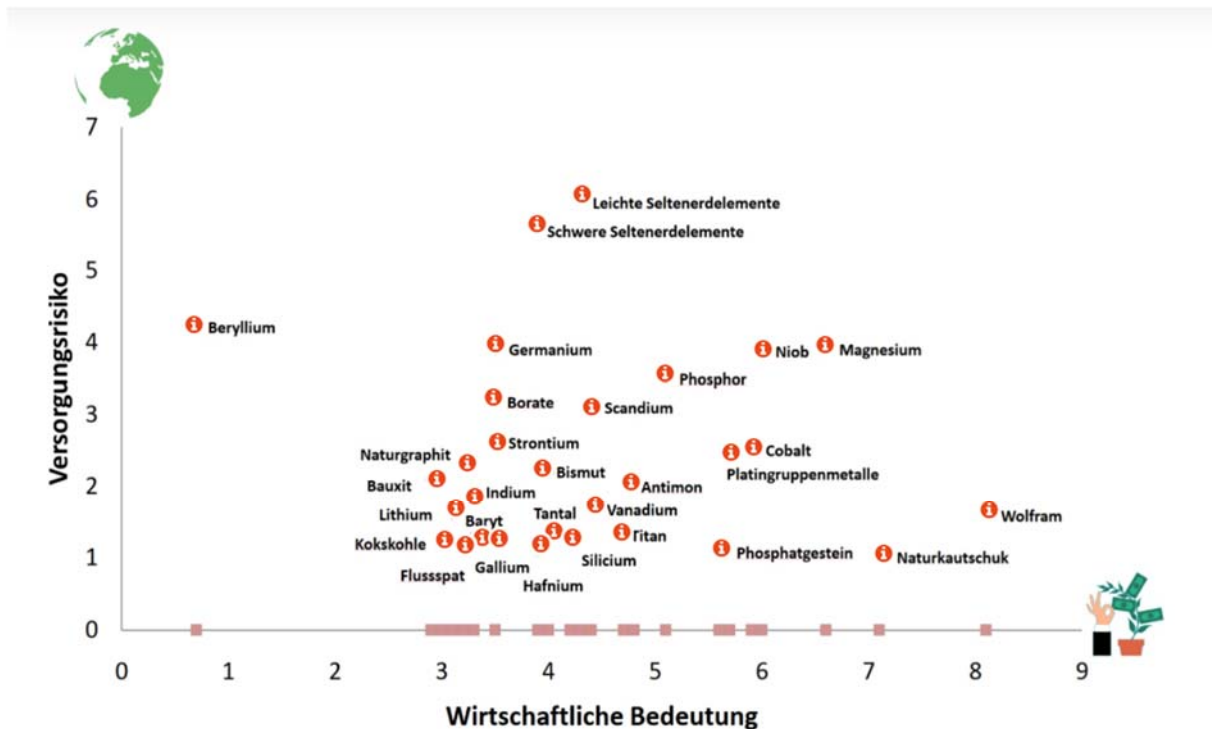


Abb. 1: Digitale Lernumgebung zu kritischen Rohstoffen (in Anlehnung an: EU-Kommission 2020, S. 29)

Das Streudiagramm wurde mit kleinen Informationspunkten versehen. Insgesamt sind in dieser Lernumgebung 30 anklickende Informationspunkte vorhanden, wobei die SE in schwere und leichte Seltenerdelemente unterteilt und jeweils als Gruppe erfasst wurden. Auch die Platingruppenmetalle (PGM) bilden eine gemeinsame Gruppe. Die Lernenden sind in ihrem Handeln im Umgang mit der Lernumgebung frei, da sie eigenständig wählen können, mit welchen Informationen über die Rohstoffe sie interagieren.

Jedem Informationspunkt ist ein Text hinterlegt, der immer nach dem gleichen Schema aufgebaut ist. Durch folgende Leitfragen werden die jeweiligen Texte strukturiert:

- Was ist das für ein Rohstoff und wo kommt er her?
- Wofür wird der Rohstoff verwendet?
- Warum ist der Rohstoff kritisch?
- Kann der Rohstoff durch andere Stoffe ersetzt werden?

Die Texte erscheinen in einem Extrafenster und enthalten jeweils zwei Bilder, die mit der Verwendung des Rohstoffes in Verbindung stehen. Unter den Informationstexten sind jeweils die Quellen angegeben, die als Grundlage der Texte dienten. Der Aufbau der Texte wird in Abbildung 2 anhand des Rohstoffs Kobalt exemplarisch dargestellt.

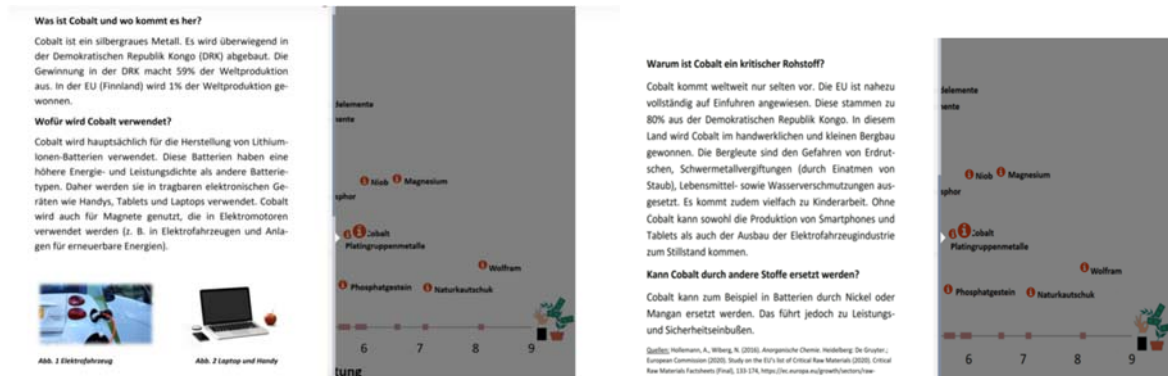


Abb. 2: Texte der digitalen Lernumgebung zu kritischen Rohstoffen (in Anlehnung an: EU-Kom. 2020b)

Im Folgenden wird auf die verschiedenen Leitfragen eingegangen.

- Mit der ersten Leitfrage werden Informationen darüber zur Verfügung gestellt, wie das Metall aussieht, wo es überwiegend abgebaut wird und welchen prozentualen Anteil das Abbau Land zur Weltproduktion beiträgt. Hierbei liegt der Fokus auf einem ersten Überblick, um die Lernenden nicht mit zu vielen Fakten zu konfrontieren. Sie sollen vielmehr einschätzen, inwiefern die Importabhängigkeit der Stoffe Auswirkungen auf die EU hat, da fast alle kritischen Rohstoffe (mit Ausnahme von Strontium und Hafnium) nicht primär in der EU gewonnen werden.
- Unter der Leitfrage zur Verwendung wurde der Fokus auf die Anwendungen gelegt, die den Schülerinnen und Schülern bekannt sind und deren Bedeutungen für die Gesellschaft von ihnen eingeschätzt werden können. Dieses Vorgehen schafft eine Verbindung zu deren Alltag und sensibilisiert sie für die Relevanz des Themas.
- Im nächsten Schritt erfahren die Schülerinnen und Schüler, warum die jeweiligen Rohstoffe kritisch sind. Um die Kritikalität zu erfassen, werden die wesentlichen Punkte kurz zusammengefasst, mit dem Ziel, zum Nachdenken anzuregen und die Bewertungskompetenz zu schulen.
- Die letzte Frage umfasst die Ersetzbarkeit und das Recycling der Rohstoffe. Dabei soll den Schülerinnen und Schülern vor Augen geführt werden, dass viele bedeutende Stoffe entweder nur schwer oder gar nicht zu ersetzen sind. Hierbei ist es abermals das Ziel, die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Nachhaltigkeit und Bewertung zu sensibilisieren.

Das Thema kann in verschiedene Bereiche des Chemieunterrichts eingebunden werden, wobei die Lernumgebung zunächst dazu dient, einen ersten Überblick zu geben. Bei den Texten handelt es sich um reduzierte Darstellungen ohne eine intensive Analyse. Die Schülerinnen und Schüler sollen dazu angeregt werden, eigenständig eine Bewertung des jeweiligen Sachverhaltes vorzunehmen, um ein problemorientiertes Handeln zu fördern. Ferner enthält die digitale Lernumgebung keine Videos (wenngleich diese eine Bereicherung für die Lernumgebung darstellen würden) und keine weiterführenden Verweise. Das liegt darin begründet, dass auf die Funktionalität und Erneuerung kein Einfluss genommen werden kann.

Die Arbeitsblätter AB 1-3 sollen die Lernenden bei der Erschließung der Faktenlage zu ihrem Produkt anleiten und unterstützen. Selbstverständlich sind die SuS / Studierenden in der Gestaltung ihrer analogen oder digitalen Mind Maps frei. Jedes Gruppenmitglied kann so seine individuellen Stärken - sei es analytisch, organisatorisch, gestalterisch und sprachlich - in die Gruppenarbeit einbringen. Eine Binnendifferenzierung ist im schulischen Kontext möglich.

ARBEITSMATERIAL

ARBEITSBLATT AB 1 enthält eine Headline mit Forschungsfrage/n leitet zur digitalen Lernumgebung über. Diese enthält in komprimierter Form die wichtigsten Informationen zu Elementen, den Abbaugebieten & -bedingungen sowie deren Verwendung. Die Lernenden können/sollen anhand der Arbeitsaufträge und Fragen die wichtigsten Elemente ihres Produkts recherchieren.

Chemie Name: _____ Thema: Kritische Rohstoffe Datum: _____

Kritische Rohstoffe – eine digitale Lernumgebung Arbeitsblatt 2

Tabellen: Kritische Rohstoffe im Elektroauto

Rohstoff	Gründe für die Einstufung als kritischer Rohstoff

Chemie Name: _____ Thema: Kritische Rohstoffe Datum: _____

Kritische Rohstoffe – eine digitale Lernumgebung Arbeitsblatt 3

Fazit

Die Rohstoffe _____ sind für die Welt von besonderer Bedeutung, weil _____

Die Informationen über die Rohstoffe _____ haben uns nachdenklich gemacht, weil _____


ZUSATZMATERIAL

in einer Podiumsdiskussion zur Verwendung von Smartphones, in der vier Interessensgruppierungen (Mobilfunkindustrie, Minenarbeiter, Bürgerschaft und Umwelt- & Naturschutzorganisation) ihre Standpunkte darlegen, kann zur weiteren Vertiefung der Inhalte initiiert werden.

Chemie Name: _____ Thema: Kritische Rohstoffe Datum: _____

Kritische Rohstoffe – eine digitale Lernumgebung Arbeitsblatt 1

Expertengruppe: Elektroauto



Eine Vielzahl von Hightech-Produkten ist aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken. Ohne den Zugang zu bestimmten (kritischen) Rohstoffen, können diese jedoch nicht hergestellt werden. Allein im Elektroauto befinden sich viele kritische Rohstoffe, die zum Beispiel für die wiederaufladbaren Batterien sowie für die Reifen benötigt werden.

Aufgaben

Findet euch in den jeweiligen Expertengruppen zusammen. Recherchiert in der digitalen Lernumgebung und bearbeitet die folgenden Aufgaben:

1. **Nennt** fünf kritische Rohstoffe, die zur Herstellung von Elektroautos benötigt werden und notiert diese in die Tabelle (Arbeitsblatt 2).
2. **Erklärt**, warum die Rohstoffe aus Aufgabe 1 kritisch sind und tragt die Gründe in die Tabelle ein (Arbeitsblatt 2).

Geht nun zurück in eure Stammgruppe und stellt eure Ergebnisse vor.

3. **Diskutiert** in eurer Stammgruppe, welche drei Rohstoffe für die Welt von besonderer Bedeutung sind oder welche euch nachdenklich gemacht haben. Haltet eure Ergebnisse als Fazit fest (Arbeitsblatt 3).

ARBEITSBLATT AB 2 ist ein **DATENBLATT**, das den Lerngruppen als Anregung zur strukturierten Recherche dienen soll.

Das dritte **ARBEITSBLATT AB 3** bildet die Grundlage für die abschließende Präsentation und Gruppendiskussion. Auf ihm werden zu den Bewertungskriterien festgehalten.

Mit einer abschließenden **Präsentation der Ergebnisse** (via Keynote, Powerpoint, Padlet oder als Poster) und **Diskussion** (als Gruppenpuzzle / Podiumsdiskussion / Expertenrunde) gelingt die Vermittlung der Resultate aus den einzelnen Gruppenarbeiten hin zur gesamten Lerngruppe. Die Argumentationshilfe AB 3 kann in einer Expertenrunde die pros & cons zum jeweiligen Produkt liefern. (Zeitbedarf mindestens 2 Doppelstunden).

Kritische Rohstoffe im Smartphone: Eine Podiumsdiskussion



Smartphones sind aus der heutigen Welt kaum noch wegzudenken. Ohne den Zugang zu bestimmten (kritischen) Rohstoffen, können diese aber nicht hergestellt werden. In den Medien geraten kritische Rohstoffe jedoch vermehrt in die Schlagzeilen.

IV. Hinweise und Literatur zum fachlichen Hintergrund

Im Folgenden finden Sie Hinweise, fachliche Hintergründe und Links:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi) (2019).
Stahlindustrie. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/branchenfokus-stahl-und-metall-01.html>
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2019b). Deutschland – Rohstoffsituation 2019.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- De Haan, G., Bormann, I., Leicht, A. (2010). Special Issue: The midway point of the UN Decade of Education for Sustainable Development: current research and practice. *International Review of Education* 56, 199 – 372.
- DESTATIS – Statistisches Bundesamt (2021). Außenhandel – Gesamtentwicklung des deutschen Außenhandels ab 1950.
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Aussenhandel/Tabellen/gesamtentwicklung-aussenhandel.pdf>
- Europäische Kommission (2020a). Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report.
https://www.researchgate.net/publication/344124852_Study_on_the_EU%27s_list_of_Critical_Raw_Materials_2020_Final_Report
- Europäische Kommission (2020b). Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020). Critical Raw Materials Factsheets (Final) https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en (Letzter Zugriff 16.11.2021).
- Europäische Kommission (2020c). Horizon 2020. EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation.
https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/default/files/gp_eudor_web_ki0213413dec_002.pdf.de_.pdf
- Furze, J., Harrison, T. (2021). Elements in danger! When talking of finite resources, the chemical elements themselves are often overlooked. Learn more about elements in danger. *Science in School The European journal for science teachers*, 1 – 6.
- Häußler, J., Mildner, S. – A. (2012). Risiko Rohstoffversorgung. Die Bestimmung kritischer Metalle und Mineralien in den USA, der EU und Deutschland in Studien und Zeitschriften der Jahre 2007 – 2012. https://www.swp-berlin.org/publications/products/zeitschriftenschau/2012zs01_haeussler_mdn.pdf
- Huwer, J., Siol, A., Eilks, I. (2022). *Seltene Erden & Co: Digitales Lernen im Unterricht, Schülerlabor und Lehrer*innenbildung über die stofflichen Auswirkungen der zunehmenden Nutzung digitaler Medien. Persönliche Mitteilung (Angenommen in J. Weselek, F. Kohler, A. Siegmund (Hrsg.): Bildung für nachhaltige Entwicklung und Digitalisierung – Beitrag für eine zukunftsorientierte Hochschulbildung. Berlin: SpringerNature.)*
- Institut für Seltene Erden (ISE) (2019). Die US-Politik im Umgang mit kritischen Mineralien. <https://institut-seltene-erden.de/die-us-politik-im-umgang-mit-kritischen-mineralien/>
- Umweltbundesamt (UBA) (2020). Weiterentwicklung von Handlungsoptionen einer ökologischen Rohstoffpolitik. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oeckoress-ii>
- United States Geological Survey (USGS) (2021). USGS Seeks Public Comment on Draft List of 50 Minerals Deemed Critical to US National Security and the Economy. <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/usgs-seeks-public-comment-draft-list-50-minerals-deemed-critical-us>