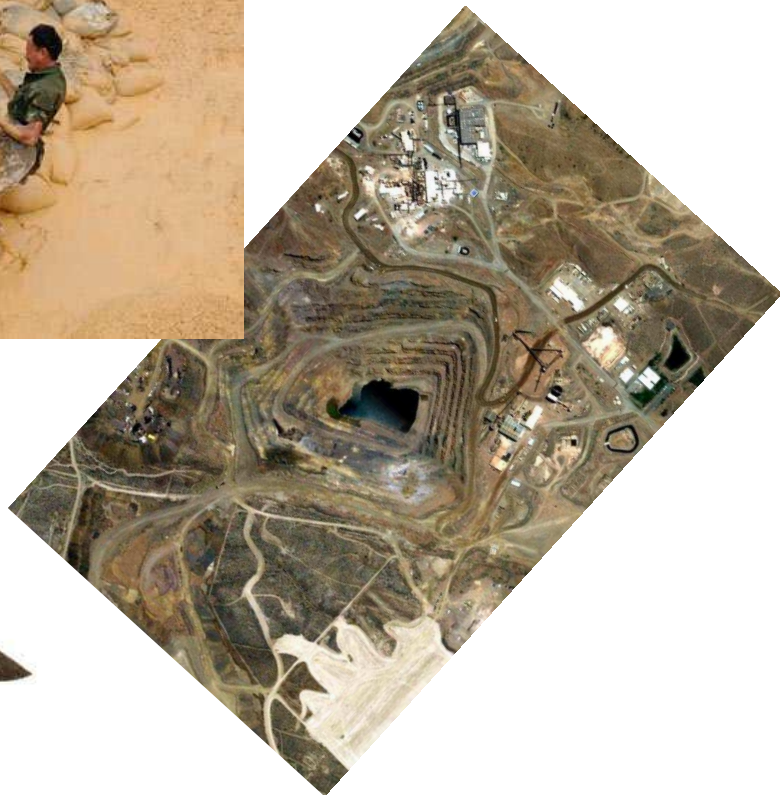


LEISTUNGSNACHWEIS

Ökologisches, ökonomisches und materialgerechtes Haushalten

SELTENERDMETALLE



Pädagogische Hochschule St. Gallen
Dozentin: Claudia Schütz Lenggenhager
Student: Daniel Conversano, 3m

Inhalt

Einbindung in Lehrplan 21	2
Sachanalyse.....	2
Grundlagen.....	2
Verwendung	3
Politik.....	3
Gewinnung	4
Bergbau	4
Recycling	5
Zielstufengerechte Inhalte.....	6
Lernziele für die Zielstufe	6
Umsetzung auf Zielstufe.....	6
Literaturverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	8

Einbindung in Lehrplan 21

„WAH.3 Konsum gestalten

2) Die Schülerinnen und Schüler können Folgen des Konsums analysieren.

Die Schülerinnen und Schüler...

a) können auf der Grundlage von Informationen (z.B. aktuelle Studien, Fachartikel, Zeitungsberichte) die Wirkung alltäglicher Konsumsituationen auf die Umwelt reflektieren (z.B. Ökobilanz). Einsatz von Ressourcen: Rohstoffe, Energie, Wasser; Entsorgung

b) können ökonomische, ökologische oder soziale Folgen des Konsums aus verschiedenen Perspektiven betrachten (z.B. Konsument, Produzent, Arbeitnehmer, Gesellschaft). Folgen des Konsums: ökonomisch, ökologisch, sozial

c) können anhand des Produktlebenszyklus von Gütern aufzeigen, welche ökonomischen, ökologischen und sozialen Überlegungen in Konsumententscheidungen einfließen. Produktlebenszyklus: Rohstoffgewinnung, Herstellung, Vertrieb, Ge-/Verbrauch, Entsorgung“ (D-EDK, 2014)

Sachanalyse

Grundlagen

Die Seltenerdmetalle bilden gemeinsam mit den Lanthanoiden und mit Ausnahme des Actiniums, chemisch die dritte Nebengruppe des Periodensystems, und umfassen 17 Elemente (Abbildung 2). Sie werden in die zwei Gruppen Leichte Seltenerdmetalle mit Scandium Ordnungszahl (21) und Lanthan (57) bis Europium (63) und Schwere Seltenerdmetalle unterteilt mit Yttrium (39) und Gadolinium (64) bis Lutetium (71) eingeteilt. Die Namensgebung erfolgt aufgrund der anorganischen Nomenklatur als Seltenerdmetalle, in der deutschen Sprache tauchen aber auch die Begriffe Seltene Erden und Seltene Erdelemente auf, was wiederum gut zur englischen Bezeichnung Rare Earth Elements (REE) passt. Im 18. und 19. Jahrhundert wurden die ersten Elemente in oxidierten Mineralien vorgefunden und deshalb als Erden bezeichnet. Im 20. Jh. wurde das letzte Element, das Promethium, welches radioaktiv ist, entdeckt. Die Isolierung der Elemente aus den Mineralien stellte die Chemie des 19. Jh. vor fast unlösbare Probleme. Durch die Ähnlichkeit der Elemente waren Trennverfahren zur Gewinnung der reinen Metalle erst im 20. Jh. möglich. Die Bezeichnung selten ist irreführend, da die Seltenerdmetalle in der Natur nicht wirklich ungewöhnlich sind. Sie kommen alle mit Ausnahme des Promethium in grösseren Mengen als zum Beispiel Gold oder Silber vor (Abbildung 2). Die Seltenheit des Promethium rührt daher, dass es radioaktiv ist und seine Isotope schnell zerfallen und es somit kaum nachgewiesen werden kann. Eine Begründung für die Bezeichnung selten ist, dass die Vorkommen nicht an einem Ort konzentriert sind, sondern meist in geringer Konzentration über weite Bereiche verteilt sind (vgl. Castor & Hedrick, 2006, S. 769). Zu Beginn der Entdeckung der Seltenerdmetalle stellte die Isolierung aus den Mineralien die Technik vor solch grosse Probleme, dass angenommen wurde, sie müssten selten sein, da die gewonnene Menge so gering war (vgl. EPA, 2012)

Elements	Crustal Abundance (parts per million)
Nickel (²⁸ Ni)	90
Zinc (³⁰ Zn)	79
Copper (²⁹ Cu)	68
Cerium (⁵⁸ Ce) ⁿ	60.0
Lanthanum (⁵⁷ La)	30.0
Cobalt (²⁷ Co)	30
Neodymium (⁶⁰ Nd)	27.0
Yttrium (³⁹ Y)	24.0
Scandium (²¹ Sc)	16.0
Lead (⁸² Pb)	10
Praseodymium (⁵⁹ Pr)	6.7
Thorium (⁹⁰ Th)	6
Samarium (⁶² Sm)	5.3
Gadolinium (⁶⁴ Gd)	4.0
Dysprosium (⁶⁶ Dy)	3.8
Tin (⁵⁰ Tn)	2.2
Erbium (⁶⁸ Er)	2.1
Ytterbium (⁷⁰ Yb)	2.0
Europium (⁶³ Eu)	1.3
Holmium (⁶⁷ Ho)	0.8
Terbium (⁶⁵ Tb)	0.7
Lutetium (⁷¹ Lu)	0.4
Thulium (⁸⁹ Tm)	0.3
Silver (⁴⁷ Ag)	0.08
Gold (⁷⁹ Au)	0.0031
Promethium (⁶¹ Pm)	10 ⁻¹⁸

Abbildung 2: Vorkommen in der Erdkruste

Abbildung 1: Periodensystem Seltenerdmetalle

Verwendung

Die Wichtigkeit der Seltenerdmetalle für Anwendungen hat mehrere Aspekte (Abbildung 3). Im privaten Alltag trifft man sie in einer Vielzahl an elektronischen Geräten wie Smartphones, Laptops usw. an. Bedeutend sind die speziellen physikalisch-chemischen Eigenschaften für die Hightech-Industrie, wie z.B. die Neodym-Magnete, die durch ihre starken magnetischen Eigenschaften bestehen (vgl. Mortimer & Müller, 2010, S. 504). Durch ihre Eigenschaften finden die Seltenerdmetalle ihren Einsatz in Produkten der Informationstechnologie, Automobilindustrie, dem Militär oder der Grünen Technologien. Der durch die eingeleitete Energiewende wachsende Industriezweig der Grünen Technologie erhöht den Bedarf. Ohne die Seltenerdmetalle ist die Herstellung von Elektroautos oder Turbinen für Windkraftwerke auf dem jetzigen Stand der Technik erschwert (vgl. Öko Institut e.V., 2011). Der Bedarf an den Seltenerdmetallen steigt durch die fortlaufende Entwicklung weltweit weiter an. Nebst dem Bestreben, die früheren Formen der Energiegewinnung durch neue Technologien zu ersetzen, ist ein Grund dafür aber auch der gestiegene Lebensstandard in Ländern wie China oder Indien. Dieser führte zu einem erhöhten Bedarf, z.B. an Unterhaltungselektronik. Einen weiteren Aspekt stellt der schnelle Wandel im Angebot der Unterhaltungselektronik dar. Smartphones sind kaum ein Jahr alt, bis ein neues Modell erscheint und darauf gewechselt wird, ohne, dass eine Fehlfunktion vorliegt.

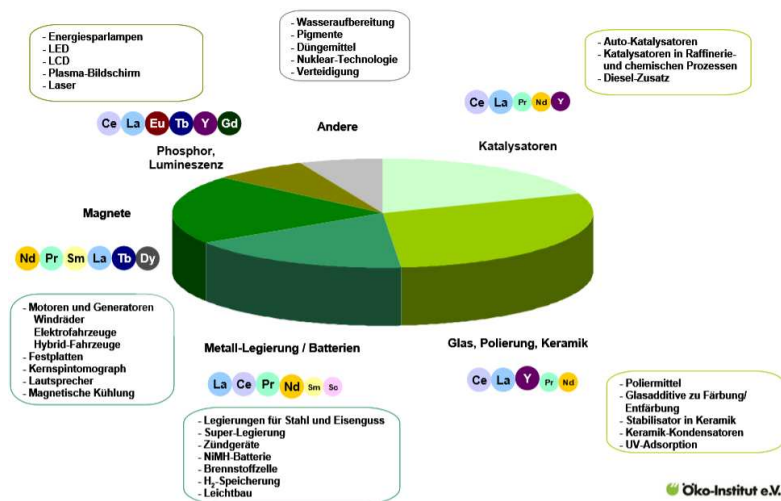


Abbildung 3: Verwendung von Seltenerdmetallen

Politik

Der erste Schritt zur Gewinnung der reinen Seltenerdmetalle geschieht durch den Abbau im Bergbau der oxidierten Mineralien, welche auch Seltenerdoxide genannt werden. Der Abbau wurde mit den aufkommenden Anwendungen und dem damit verbundenen Bedarf immer weiter ausgebaut. Von 1960 bis 1980 war die USA der Weltführer beim Abbau von Seltenerdoxiden. So stillte die Mountain Pass Mine in Kalifornien die Nachfrage in den USA zu 100%. In den späten 1970er begann China die Produktion von Seltenerdmetallen zu steigern und wurde schnell zum dominierenden Produzenten (Abbildung 5). China stillt aktuell ca. 95% des weltweiten Bedarfs. Die grösste Mine in China befindet sich in der Inneren Mongolei, die Bayan-Obo-Mine mit rund 6000 Beschäftigten. Die US-amerikanische Geological Survey (USGS) schätzte die wirtschaftlich nutzbaren Reserven im Februar 2014 auf 140 000 000 Tonnen (U.S. Geological Survey, 2014). Diese Zahl ist nicht statisch sondern kann sich immer wieder durch neu entdeckte Vorkommen erhöhen. Die Erschöpfung bisheriger Vorkommen kann anfänglich nicht lukrative Lager interessant machen, da der Marktpreis die Förderung rechtfertigt. Die USA bezeichnet die Seltenerdmetalle als national strategisch wichtige Ressource, da sie auch in der Militärtechnik Anwendung finden (EPA, 2012, S. 2-1). Andere Industriestaaten sehen in den Seltenerdmetallen eine unabdingbare Ressource für die Entwicklung und Sicherung der wirtschaftlichen Position.

Mit der Zeit begann China die Ausfuhr zu begrenzen mit dem Ziel, die heimische Wirtschaft zu fördern. Statt des Verkaufs von Rohmaterialien sollte die Wertschöpfung im eigenen Land vorgenommen werden und die entstandenen Produkte verkauft werden. Dies erfolgte mit der Begründung des Eigenbedarfs und des Schutzes der Umwelt. Staaten mit nicht vorhandenen oder unwirtschaftlichen Vorkommen versuchten ihre Interessen durch internationalen Druck durchzusetzen (vgl. EPA, 2012, S. 1-1). So klagten die USA, EU und Japan bei der World Trade Organization (WTO) gegen die Ausfuhrregulation von China. Anfänglich entschied die WTO zugunsten von China. Nachdem aber China nicht nachweisen konnte, dass Massnahmen Daniel Conversano, 3m

men zum Schutz der Umwelt unternommen wurden, entschied die WTO im November 2013 zugunsten der Kläger. Entsprechend musste China die Ausfuhrregulation lockern (vgl. Klinger, 2013). Diese wirtschaftlichen Konflikte zeigen, dass bei der Versorgung mit Seltenerdmetalle die Situation nicht unkritisch ist. Dabei muss zwischen den leichten und schweren Seltenerdmetallen unterschieden werden. Die leichten Metalle stellen kaum Probleme dar, da auch andere Staaten diese wirtschaftlich fördern können. Bei den schweren Metallen besitzt China hingegen eine Monopolstellung. Die Angst vor Versorgungsengpässen und die Preisexplosion führten beispielsweise dazu, dass die USA die Produktion von Seltenerdmetallen im Inland wieder aufnahm. Eine Prognose zur Entwicklung lässt sich nur schwer stellen. Die Seltenerdmetalle besitzen aber einen hohen Wert in den Industriestaaten und werden als wirtschaftlich kritisch und sogar als strategisch kritisch eingestuft.

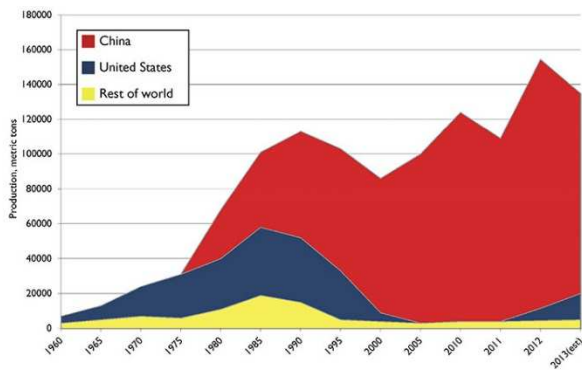


Abbildung 4: Abbau von Seltenerdoxiden

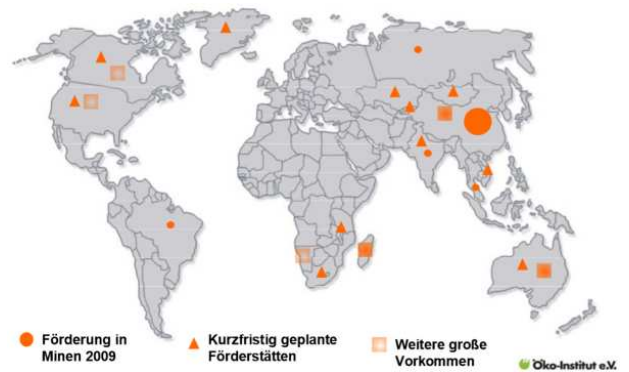


Abbildung 5: Vorkommen von Seltenerdoxiden

Gewinnung

Bergbau

Die Seltenerdmetalle kommen in der Natur nicht als reine Metalle vor sondern in oxidierten Mineralien. Diese Mineralien sind Rohstoffe, die durch Bergbau aus natürlichen Vorkommen gewonnen werden. Für die Gewinnung von Seltenerdenmetallen kommen vor allem die beiden Mineralien Bastnäsit und Monazit in Frage. Der Abbau im Bergbau verursacht Rückstände, die im Falle der Seltenerdmetalle giftig sein können. Beim Bohren entsteht Staub, welcher nebst der normalen Staubbelastung im Falle der Seltenerdoxide auch radioaktive Verunreinigungen enthalten kann. Die Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen und Schwermetallen ist auch über das eingesetzte Wasser beim Abbau möglich. Die gewonnenen Erze aus den Bohrungen werden, zur Gewinnung der Metalle, mit Säuren ausgewaschen. Der resultierende Schlamm wird in Becken gesammelt und enthält unter anderem Schwermetalle, Säuren und radioaktive Stoffe wie Uran (vgl. EPA, 2012, S. 4-3). Zwar kann man annehmen, dass grosse Minen in Industriestaaten diesen möglichen Gefahrenquellen begegnen und Investitionen tätigen zur Lagerung der Umweltgefahren, aber dies erhöht gleichzeitig die Preise für die dort produzierten Metalle. Die Vergangenheit zeigte, dass Betriebe aus den reichen Ländern lieber in aufstrebende und arme Staaten investieren, die oftmals die ökonomischen Aspekte über die ökologischen setzten. Im nordchinesischen Baotou ist die Umgebung stark verseucht, die Anwohner teilweise schwer krank und das Wasser nachhaltig kontaminiert. Eine Häufung von Krebserkrankungen wird verzeichnet und der Anbau von Getreide zur selbständigen Versorgung mit Nahrungsmitteln ist teilweise nicht mehr möglich (Das Erste, 2011). Nebst der gesundheitlichen Bedrohung des Menschen durch mögliche Unglücke sind die Menschenrechtsverletzungen ein wichtiges Thema beim Bergbau. Die Armut treibt die Menschen dazu an, Erze selbständig zu gewinnen und zu verarbeiten. Dies meist ohne jegliche Sicherheitsvorkehrungen und mit katastrophalen Auswirkungen wie Verätzungen und radioaktive Verstrahlung. Oftmals sind die schlechten Arbeitsbedingungen der Bevölkerung in der Umgebung bekannt und sie weigert sich, in einer Mine zu arbeiten. Somit werden auswärtige Arbeiter angeheuert, die teilweise gezwungen werden, ohne Schutzbekleidung und bei schlechten Löhnen in grossen Minen zu arbeiten. Selbst vor dem Einsatz von Sicherheitskräften zur Unterdrückung der Arbeiterschaft wird nicht zurückgeschreckt (vgl. Smith, 2011). Afrika ist ein reiches Land bezüglich der Vorkommen von seltenen Metallen. Geologen sehen in Afrika das weltweit grösste Potenzial für die alternative Förderung, abseits Chinas von Seltenerdmetallen (NZZ, 2011). Dabei stellt sich die Frage, ob sich die Ereignisse wie beispielsweise bei der Förderung von Gold im Kongo wiederholen werden. Am Beispiel des Kongo zeigte sich die resultierende Armut und Unterdrückung der Bevölkerung aufgrund von Bodenschätzen. Eine korrupte Regierung, die den umweltschädlichen Abbau gutheisst oder lokale Rebellengruppen, welche Metalle fördern, durch den Einsatz der lokalen Bevölkerung unter Androhung von Gewalt bis zum Einsatz der Kinder als Soldaten.

Durch die Verwendung solcher Metalle unterstützen die Käufer solche Missstände und erhalten sie (vgl. Gettleman, 2013).

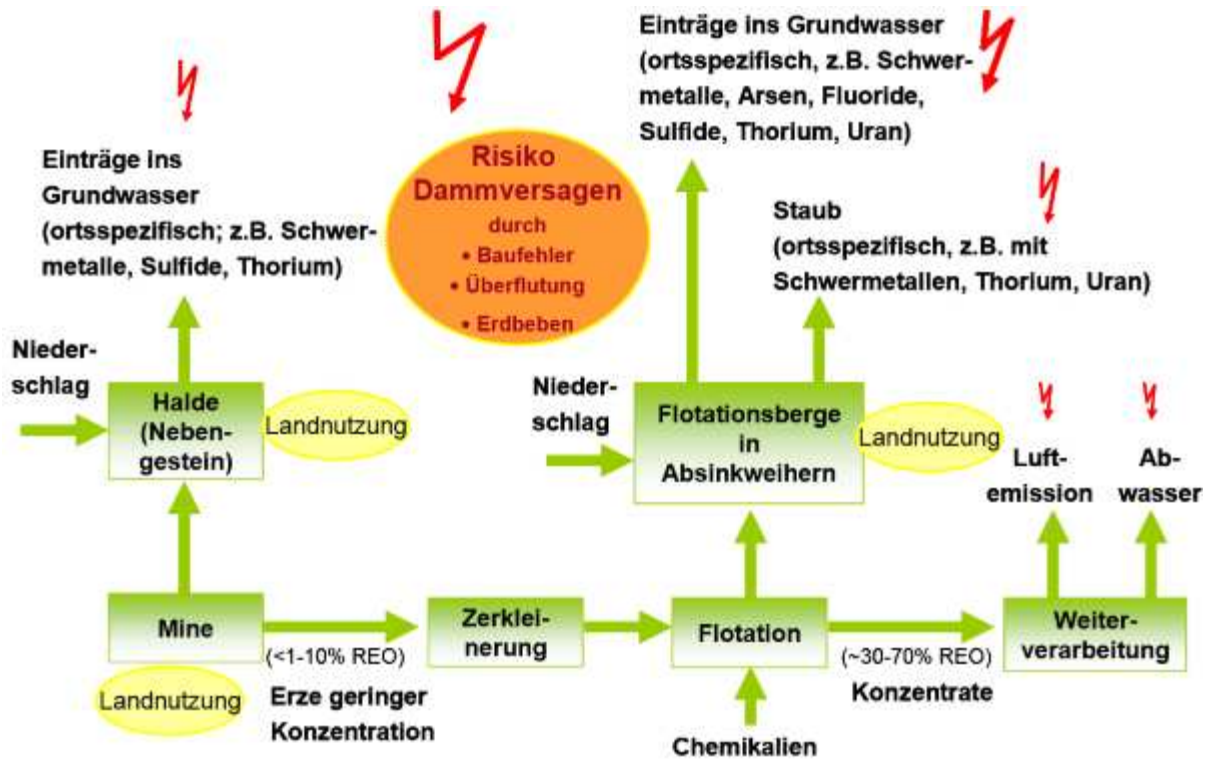


Abbildung 6: Risiken des Bergbaus

Recycling

Das Recycling der Produkte, in denen Seltenerdmetalle zur Anwendung kamen, ist eine weitere Möglichkeit, um die wertvollen Metalle zu reinigen und wieder zu verwenden. Dabei ist aber der Aufwand für die Rückgewinnung erst in den letzten Jahren, durch Versorgungsengpässe, attraktiv geworden. Die Problematik ist, wie bei der Gewinnung aus den Erzen, die Trennung der Elemente. Die bisherigen Verfahren sind aufwendig, energieintensiv und kostspielig. Doch langsam verbreitet sich das Wissen über Recycling und erste, lohnenswertere Verfahren finden Einzug (3sat, 2011).

Zielstufengerechte Inhalte

Die Seltenerdmetalle sind auf den ersten Blick für die SuS ein Thema, zu dem sie keinen direkten Bezug haben. Der Einstieg mit den Bestandteilen eines Mobiltelefons schafft diesen Bezug. Bei der Analyse der Bestandteile kann aufgezeigt werden, welche Stoffe für ein solches Produkt notwendig sind und eine Brücke geschlagen werden zur Auswirkung auf Mensch und Umwelt. Auch wenn sie meist noch nicht ihr eigenes Kapital einsetzen, um die Produkte zu kaufen, können sie bei der Auswahl einwirken und später beim Kauf mit dem eigenen Geld selbst entscheiden. Ohne als Lehrperson zu moralisieren können sie anhand der Seltenerdmetalle begreifen, welche Verantwortung sie tragen. Durch die Behandlung von Politik, Arbeitsbedingungen und Umwelt lässt sich veranschaulichen, wie eng die Dinge verflochten sind und die SuS in ihrer Aufgabe als demokratische und umweltbewusste Bürgerinnen und Bürger bestärkt werden.

Lernziele für die Zielstufe

Die hier definierten Lernziele richten sich auf die im Lehrplan 21 definierten Kompetenzen des Fachbereichs Wirtschaft, Arbeit, Haushalt (mit Hauswirtschaft) aus. Das Thema bietet aber vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, speziell auch fachbereichsübergreifend wie beispielsweise in Natur und Technik (Chemie) oder in Räume, Zeiten, Gesellschaften sowie beim Lesen von englischen Texten zur Thematik im Englischunterricht.

- Die Bedingungen im Bergbau für Seltenerdmetalle bezüglich Umwelt und Menschenrechten in den Ländern USA und China vergleichen und schriftlich festhalten
- Inhalte zu gewählten Themen der Seltenerdmetalle wie Gewinnung, Politik, Verwendung und Umweltbedeutung selbständig recherchieren und präsentieren

Umsetzung auf Zielstufe

Für die Umsetzung auf der Zielstufe bietet sich das Thema Mobiltelefon gut an. Durch die Betrachtung eines bekannten Gegenstandes der SuS in ihrem täglichen Leben soll der vermittelte Stoff interessant gestaltet werden. Über die Lehrmaterialien der Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz (Pusch) kann das Ganze nebst der reinen Sachthematik erweitert betrachtet werden. Pusch bietet beispielsweise einen Medienkoffer für Schulprojekte zum Themenkreis Abfall und Konsum an, der ausgeliehen werden kann (Pusch, 2014). Die SuS können konkrete Beispiele betrachten und sogar mit dem Auseinandernehmen eines alten Mobiltelefons das Ganze haptisch erfahren. Gleichzeitig können sie Erfahrungen sammeln zu ihrem Beitrag zur Umweltfrage, da sie sehen, dass sie Nutzer und Verursacher sind und das Thema auch eine affektive Komponente erhält. Die Seite von Pusch bietet unter Lehren und Lernen rund um das Handy eine Vielzahl von Unterlagen (Pusch, 2014). Dabei spielen die Edelmetalle und Seltenerdmetalle eine wichtige Rolle.

Zur Umsetzung ist ein Postenlauf möglich in dem die SuS in Kleingruppen die einzelnen Themen und die Lehrperson behält über einen Arbeitspass die Übersicht. Dabei deckt das Lehrmaterial, ergänzt mit dem Angebot von Pusch, nicht nur den Umweltaspekt bezüglich der Rohstoffe ab, sondern auch die Arbeitsbedingungen der Menschen bei der Gewinnung der Seltenerdmetalle. Die resultierenden politischen Spannungen können durch Sachtexte und Fragen in den Postenlauf eingebunden werden. Für die Grundlagen zu den Seltenerdmetallen bietet sich ein Lehrervortrag an, in dem die chemische Einordnung und die Geschichte erläutert werden. Dabei soll der Vortrag bewusst nicht zu Beginn stattfinden, sondern erst die Neugier der SuS geweckt werden und das in den Posten selbständig erarbeitete Wissen vervollständigt werden. Durch die Wahl der Gruppen für ein Schwerpunktthema und weiterführende Recherchen anhand von durch die Lehrperson vorbereitete Texte und dem eigenständigen Suchen anderer Quellen lässt sich dieses weiter vertiefen. Abschliessen sollen die Ergebnisse in einem Vortrag der Klasse vorgestellt werden und damit das Wissen weiter vertieft werden für alle SuS. Je nach Kompetenz der SuS beim Recherchieren, beurteilen und verarbeiten von Informationen aus unterschiedlichen Quellen kann die Lehrperson diese offen gestalten oder durch Vorgaben einschränken.

Literaturverzeichnis

3sat (2011). Seltene Erden recyceln. Online unter: <http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=24319> (14.10.2014).

Castor, S. B., Hedrick, J. B. (2006). Rare earth elements. Online unter: <http://www.segemar.gov.ar/biblioteca/temin/LIBROSDIGITALES/Industrialminerals%26rocks7ed/pdffiles/papers/058.pdf> (18.10.2014).

Das Erste (2011). Das schmutzige Geheimnis sauberer Windräder. Online unter: <http://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2011/windkraft189.html> (11.10.2014).

Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK) (2014). Lehrplan 21. Online unter: <http://vorlage.lehrplan.ch/impressum.php> (07.11.2014).

Gettleman, J. (2013). Conflict Minerals. The Price of Precious. Online unter: <http://ngm.nationalgeographic.com/2013/10/conflict-minerals/gettleman-text> (12.11.2014).

Herrmann, W. A. (2002). Lanthaniden/Seltenerdmetall-Chemie. Online unter: <http://aci.anorg.chemie.tu-muenchen.de/research/lanthanoide.php> (29.10.2014).

Klinger, J. (2013). Rare Earths: Lessons for Latin America. Online unter: <http://clas.berkeley.edu/research/environment-rare-earths-lessons-latin-america> (19.10.2014).

Mortimer, C. E., Müller, U. (2010). Chemie. Stuttgart: Thieme.

NZZ (2011). Bei der Jagd nach Seltenen Erden rückt Afrika ins Visier. Online unter: <http://www.nzz.ch/aktuell/wirtschaft/uebersicht/bei-jagd-nach-seltenen-erden-rueckt-afrika-ins-visier-1.9823388> (08.11.2014)

Öko-Institut e.V. (2011). Seltene Erden – Daten & Fakten. Online unter: <http://www.oeko.de/fileadmin/pdfs/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf> (10.10.2014).

Pusch (2014). Lehren und Lernen rund um das Handy. Online unter: <http://www.pusch.ch/index.php?pid=1201> (10.11.2014).

Pusch (2014). Medienkoffer zum Thema Abfall. Online unter: <http://www.pusch.ch/index.php?pid=1206&l=de> (10.11.2014).

United States Environmental Protection Agency EPA (2012). Rare Earth Elements: A Review of Production, Processing, Recycling, and Associated Environmental Issues. Online unter: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100EUBC.pdf> (16.10.2014).

U.S. Geological Survey (2014). Mineral Commodity Summaries. Online unter: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2014-raree.pdf (15.11.2014).

Smith, SE. (2011). Dirty, dangerous and destructive – the elements of a technology boom. Online unter: <http://www.theguardian.com/commentisfree/2011/sep/26/rare-earth-metals-technology-boom> (12.11.2014).

Abbildungsverzeichnis

Deckblatt:

<http://bizmology.hoovers.com/2012/03/13/trade-dispute-highlights-global-demand-for-rare-earth-minerals/>

<http://www.theguardian.com/business/2010/oct/31/china-monopoly-rare-earth-metals-no-threat-pentagon-security>

<http://www.wired.com/2009/08/china-all-your-rare-earth-metals-belong-to-us/>

Abbildung 1: Periodensystem Seltenerdmetalle

<http://aci.anorg.chemie.tu-muenchen.de/research/lanthanoide.php>

Abbildung 2: Vorkommen in der Erdkruste

<http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100EUBC.pdf>

Abbildung 3: Verwendung von Seltenerdmetallen

<http://www.oeko.de/fileadmin/pdfs/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf>

Abbildung 4: Abbau von Seltenerdoxiden

<http://clas.berkeley.edu/research/environment-rare-earths-lessons-latin-america>

Abbildung 5: Vorkommen von Seltenerdoxiden

<http://www.oeko.de/fileadmin/pdfs/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf>

Abbildung 6: Risiken des Bergbaus

<http://www.oeko.de/fileadmin/pdfs/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf>