

Nachhaltige Bewirtschaftung von seltenen Mineralien

Praxisprojekt Entwicklungszusammenarbeit 2011



Urs Heierli

eingereicht am 22. Mai 2011

Natalie Hallensleben
St. Jakobstr. 52
9000 St. Gallen
077/428 05 72
natalie.hallensleben@student.unisg.ch

Vanessa Ilg
Höhenweg 7a
9000 St. Gallen
077/436 76 67
vanessa.ilg@student.unisg.ch

Katharina Meyer
Burgstrasse 14
9000 St. Gallen
078/828 30 90
katharina.meyer@student.unisg.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Abgrenzung des Themas und Einordnung in den politischen Diskurs.....	2
2.1 Begriffserklärung.....	2
2.1.1 Nachhaltige Bewirtschaftung	2
2.1.2 Seltene Mineralien	2
2.2 Verwendung von seltenen Metallen:.....	4
2.3 Politische Relevanz der nachhaltigen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien	6
2.3.1 Innenpolitische Relevanz für die Schweiz.....	6
2.3.2 Entwicklungspolitische Relevanz	7
2.4 Grundproblematik der Rohstoffwirtschaft.....	8
3 Analyse des Lebenszyklus von seltenen Mineralien.....	11
3.1 Lebenszyklus von seltenen Mineralien	11
3.1.1 Überblick über den Lebenszyklus	12
3.1.2 Erklärung der aktuellen Problematik	12

4	Lösungsansätze	18
4.1	Lösungsansätze für den Abbau von seltenen Metallen.....	18
4.1.1	In der Schweiz	18
4.1.2	In Entwicklungsländer und auf internationaler Ebene	19
4.2	Lösungsansätze bei der Produktion und der Verwendung	24
4.2.1	In der Schweiz	24
4.2.2	In Entwicklungsländer und auf internationaler Ebene	26
4.3	Lösungsansätze für Recycling und Entsorgung von e-waste	27
4.3.1	In der Schweiz	27
4.3.2	Auf internationaler Ebene	28
4.3.3	In den Entwicklungsländern	31
4.4	Langfristige Vision: Etablierung internationaler Institutionen für ein nachhaltiges Ressourcenmanagement	33
5	Fazit.....	34
	Literaturverzeichnis	V

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Seltene Metalle in einem Mobiltelefon	5
Abbildung 2: Alle in einem Mobiltelefon vorkommende chemische Elemente	5
Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Rohstoffpreise und der internationalen wirtschaftlichen Entwicklung).....	9
Abbildung 4: Regelkreislauf der Rohstoffversorgung unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit	10
Abbildung 5: Lebenszyklus seltener Mineralien	11
Abbildung 6: Goldrausch in Ghana	13
Abbildung 7: Rudimentäres Recycling	17
Abbildung 8: Vereinfachtes Konzept einer zertifizierten	23
Abbildung 9: Autokatalysator und Leiterplatten, dessen Recycling sich besonders gut für die Wiedergewinnung seltener Metalle eignet.....	27
Abbildung 10: Internationale Rahmenbedingungen schaffen	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung seltener Metalle.....	4
Tabelle 2: CO ₂ Verbrauch bei der Gewinnung von seltenen Metallen	14

1 Einleitung

„Harter Kampf um rare Rohstoffe für Hightechprodukte“¹ titelt die Welt im Mai diesen Jahres „China will seltene Metalle noch seltener machen“² die deutsche Tagesschau. Mit zunehmender Abhängigkeit unserer Gesellschaft von nicht erneuerbaren Ressourcen erhöht sich auch die politische Debatte um diese. In keinem Jahrzehnt zuvor waren wir stärker von seltenen Mineralien abhängig wie in diesem³. Mobiltelefone, Flachbildschirme, Autos, Digitalkameras – funktionsuntüchtig ohne seltene Metalle wie Indium, Tantal, Germanium, Lithium oder auch Gold. Die Nicht-Erneuerbarkeit dieser Ressourcen und der hohe Verbrauch für neue technologische Erungenschaften erhöhen stetig den wirtschaftlichen als auch politischen Druck zur Suche nach einer Strategie zur nachhaltigen Bewirtschaftung dieser Ressourcen. Ziel der nachfolgenden Arbeit ist es, erste Lösungsansätze im Bereich der nachhaltigen Bewirtschaftung von seltenen Metallen zu liefern. Als Kernelement zur Analyse einer nachhaltigen Bewirtschaftung dient der Lebenszyklus von seltenen Metallen. Anhand diesem soll im dritten Kapitel nicht nur dargelegt werden, aus welchen Gründen die aktuelle Situation als nicht nachhaltig definiert werden kann, sondern auch welche sozialen, ökologischen und ökonomischen Probleme sich dadurch ergeben. Im vierten Kapitel sollen Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, die den Lebenszyklus und somit die gesamte Bewirtschaftung von seltenen Mineralien nachhaltiger gestalten lassen würden. Aus Gründen des genaueren Verständnisses bedarf es jedoch vor der Kreislaufbetrachtung eine Analyse der Grundlagen. Im zweiten Kapitel lassen sich somit eine ausführliche Begriffsdefinition und damit gleichzeitiger Eingrenzung der Thematik, die Darlegung der politischen Relevanz und Analyse der Grundproblematik wiederfinden.

¹ Billand, 2011

² tagesschau.de, 2010

³ Focus, 2009

2 Abgrenzung des Themas und Einordnung in den politischen Diskurs

2.1 Begriffserklärung

Im nachfolgenden Abschnitt soll zuerst eine Begriffsklärung vorgenommen werden, die als Grundlage für die Auslage der Fragestellung dient. Dabei sollen die Begriffe „nachhaltige Bewirtschaftung“ und „seltene Mineralien“ einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

2.1.1 Nachhaltige Bewirtschaftung

Unter nachhaltiger Entwicklung versteht man eine Entwicklung, "die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen"⁴. Im Kontext der nachhaltigen Bewirtschaftung nicht erneuerbarer Ressourcen geht es also einerseits darum, nicht alle Ressourcen während unserer Generation auszuschöpfen und andererseits im gesamten Lebenszyklus verstärkt die sozialen und ökologischen Aspekte zu integrieren.

2.1.2 Seltene Mineralien

Im Allgemeinen sind Mineralien Rohstoffe, die durch Bergbau aus natürlichen Lagerstätten gewonnen werden. Lagerstätten bilden sich über mehrere Jahrtausende durch geologische Prozesse. Durch diese geologischen Prozesse sind die Lagerstätten ortsgebunden, nicht reproduzierbar und räumlich begrenzt.⁵ Unter diese Definition fallen Metalle, Industriemetalle, Steine und Erden. Es ist zu beachten, dass aufgrund der Vorgabe durch das SECO, aber auch durch die bessere Datenlage in dieser Arbeit insbesondere seltene Metalle anstelle seltener Mineralien im Allgemeinen betrachtet werden.⁶

Als selten gelten Substanzen, die im Vergleich zu gleichartigen oder anderen Substanzen ein geringeres Vorkommen aufweisen⁷. Ein geringes Vorkommen alleine mag zwar ein essentieller Bestandteil für die Definition „seltene Mineralien“ sein, genügt jedoch nicht um eine hinreichende Definition zu liefern. Aus diesem Grund müssen die Mineralien zusätzliche folgende Eigenschaften erfüllen, um als selten klassifiziert werden zu können: ein hoher oder stark gestiegener Preis, eine geringe Reichweite der Reserven und ein geografisch beschränktes Abbaugbiet.

Hohe oder stark gestiegene Preise signalisieren eine hohe oder gestiegene Nachfrage, bei gleichzeitig tiefen oder gesunkenen Angebot. Dadurch lässt sich nicht nur auf ein geringes Vorkommen

⁴ Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. (1987). *Unsere gemeinsame Zukunft*. Brudtland-Kommission.

⁵ Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2010, S. 6

⁶ Aufgrund sprachlicher Variation werden im Textverlauf weiterhin die Begriffe Mineralien, Rohstoffe und Materialien verwendet, welche jedoch synonym für das Wort Metall bzw. Metalle stehen.

⁷ Umweltbundesamt, 2007, S.9.

schliessen, sondern auch auf eine Ausweitung des Bedarfs, wodurch die Vorkommen weiter drastisch reduziert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass Metallpreise enormen kurz- und mittelfristigen Preisschwankungen unterworfen sind. Dies ist einerseits auf Börsenspekulationen, sogenannten „Futures“ an der London Metal Exchange zurückzuführen, andererseits auf neue technologische Entwicklungen. Solche neue Errungenschaften können nicht nur dazu führen, dass plötzlich gewisse Materialien durch andere substituiert werden und somit nicht mehr in gleichem Umfang benötigt werden, aber auch dazu, dass seltene Mineralien durch ein neues hochentwickeltes Produkt plötzlich in grossen Mengen benötigt wird⁸. Es zeigt sich also, dass zu dem Kriterium des geringen Vorkommens und der hohen oder gestiegenen Preise weitere Kriterien betrachtet werden müssen, um eine hinreichende Definition für selten geben zu können.

Die Verfügbarkeit nicht reproduzierbarer Materialien, wie Mineralien, ist absolut und wird durch die jeweiligen Reserven beschränkt. Es ist wichtig zu beachten, dass Reserven nicht alle erfassten Vorräte abdecken. Vielmehr handelt es sich bei Vorräten um die Lagerstätten, die derzeit aufgrund technischer Möglichkeiten und wirtschaftlicher Bedingungen abgebaut werden können⁹. Zur effektiven Berechnung der Verfügbarkeit einzelner Mineralien lassen sich in der Theorie zwei verschiedene Ansätze wiederfinden. Die statische Reichweite sagt aus, wie viele Jahre ein gewisses Mineral noch zur Verfügung steht, basierend auf der Annahme, dass der aktuelle Verbrauch pro Jahr auch dem zukünftigen Verbrauch pro Jahr entspricht.

$$\text{stat. Reichweite} = \frac{\text{aktuell erschlossene Reserven}}{\text{jährlicher Verbrauch}}$$

Die dynamische Reichweite setzt im Vergleich zur statischen Reichweite den aktuellen und zukünftigen Verbrauch nicht gleich. Vielmehr wird hier versucht Anpassungs- und Wachstumsprozesse zu berücksichtigen¹⁰.

$$\text{dyn. Reichweite} = \frac{(1 + (\text{stat. Reichweite} \times p))}{(1 + p)}$$

$p = \text{jährliche Wachstumsrate}$

⁸ Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung. (21. April 2011).

⁹ Umweltbundesamt, 2007, S. 13

¹⁰ Agenda 21. Dynamische Reichweite

Da eine Vielzahl von zukünftigen Faktoren in die Wachstumsrate einfließen, die nicht mit Bestimmtheit zutreffen müssen, noch sichergestellt sein kann, dass diese Faktoren abschliessend sind, wird im rohstoffwirtschaftlichen Diskurs, wie auch in dieser Arbeit von der statistischen Reichweite ausgegangen. Die statische Reichweite, als Momentaufnahme in einem sich dynamisch entwickelnden System, kann alleine betrachtet nicht hinreichend für die Definition „selten“ genügen.

Aus diesem Grund soll ein geografisch beschränktes Abbaugbiet als letztes Definitionskriterium für den Begriff „seltene Mineralien“ näher betrachtet werden. Eine Beschränkung von Abbaugbieten in wenigen oder gar einem einzigen Land birgt ein sehr hohes Ausfallrisiko. Zahlreiche Mineralien mit geringen Vorkommen lassen sich in sogenannten Schwellenländern wie Brasilien oder China finden. Gerade diese Länder versuchen oftmals die vorhandenen Mineralien durch protektionistische Massnahmen für den eigenen wirtschaftlichen Aufschwung zu nutzen. Ressourcenarme Länder, die in starker Abhängigkeit zu ressourcenreichen Länder stehen, sind dadurch nicht nur der Gefahr von unzureichenden Rohstofflieferungen ausgesetzt, sondern auch potentiellen Preisschwankungen¹¹.

Jedes bereits dargelegte Definitionskriterium, namentlich ein geringes Vorkommen, hohe oder stark gestiegene Preise, geringe Reichweite der Reserven und ein geografisch beschränktes Abbaugbiet, kann einzeln nicht als hinreichende Definitionsgrundlage zur Bestimmung von seltenen Mineralien genügen. Erfüllen Metalle jedoch mehrere der aufgelisteten Kriterien so ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass es sich in der Tat um seltene Metalle handelt¹². Nachfolgend findet sich eine tabellarische Auflistung verschiedener Metalle, die nach dem dargelegten Definitionsschema als selten zu klassifizieren sind.

¹¹ Umweltbundesamt, 2009, S.21

¹² Umweltbundesamt, 2009, S.23

	Preis in \$	Preisanstieg seit 2003	Stat. Reichweite der Reserven	Vorkommen
Antimon	9'600/ t	550%	15 - 23 Jahre	China, Russland, Bolivien
Kobalt	50/ kg	450%	134 - 180 Jahre	Kongo, Australien, Kuba
Gallium	475/ kg	90%	13 - 20 Jahre	USA, Namibia
Germanium	950/ kg	222%	5 -10 Jahre	Kanada, USA, China
Indium	640/ kg	820%	6 Jahre	Kanada, USA, China
Iridium	445/ oz	400%	40 - 70 Jahre	Südafrika, Russland
Palladium	850/ oz	325%	29 - 35 Jahre	Russland, Südafrika, Kanada
Rhodium	2'500/ oz	600%	40 - 70 Jahre	Südafrika Russland
Tantal	90/ kg	110%	23 - 30 Jahre	Kongo, Australien, Kanada
Wolfram	37/ kg	530%	38 - 50 Jahre	China, Kanada, Russland

Tabelle 1: Auflistung seltener Metalle

Gerade das Schwermetall Indium, welches als Nebenprodukt bei der Zinnengewinnung entsteht, fällt durch extreme Werte auf. Durch die Erfüllung aller Definitionskriterien kann Indium als äusserst seltenes Metall klassifiziert werden.

2.2 Verwendung von seltenen Metallen:

Mögen die Namen der einzelnen seltenen Metalle, wie Indium, Germanium oder auch Gallium abstrus und lebensfremd klingen, so lassen sie sich doch im alltäglichen Gebrauch wiederfinden. Gerade Zukunftstechnologien, wie Mobiltelefone, *Tablet-PCs* oder auch Flachbildschirme, weisen einen hohen Bedarf an seltenen Metallen auf. Gemäss Lorenz Erdmann, Spezialist für seltene Metalle beim Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, sind „eine Reihe von Zukunftstechnologien auf bestimmte seltene Metalle so stark angewiesen, dass ihr massenhafter Ausbau durch Rohstoffengpässe bedroht ist“¹³. Dies erklärt nicht nur den Bedeutungszuwachs von seltenen Metallen im politischen Diskurs, sondern hebt auch die innenpolitische und entwicklungspolitische Relevanz seltener Metalle hervor, die im nachfolgenden Kapitel genauer be-

¹³ IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, 2009

trachtet werden soll. Zur Verdeutlichung der Verwendung von seltenen Metallen in Zukunftstechnologien sollen die nachstehenden Grafiken dienen.

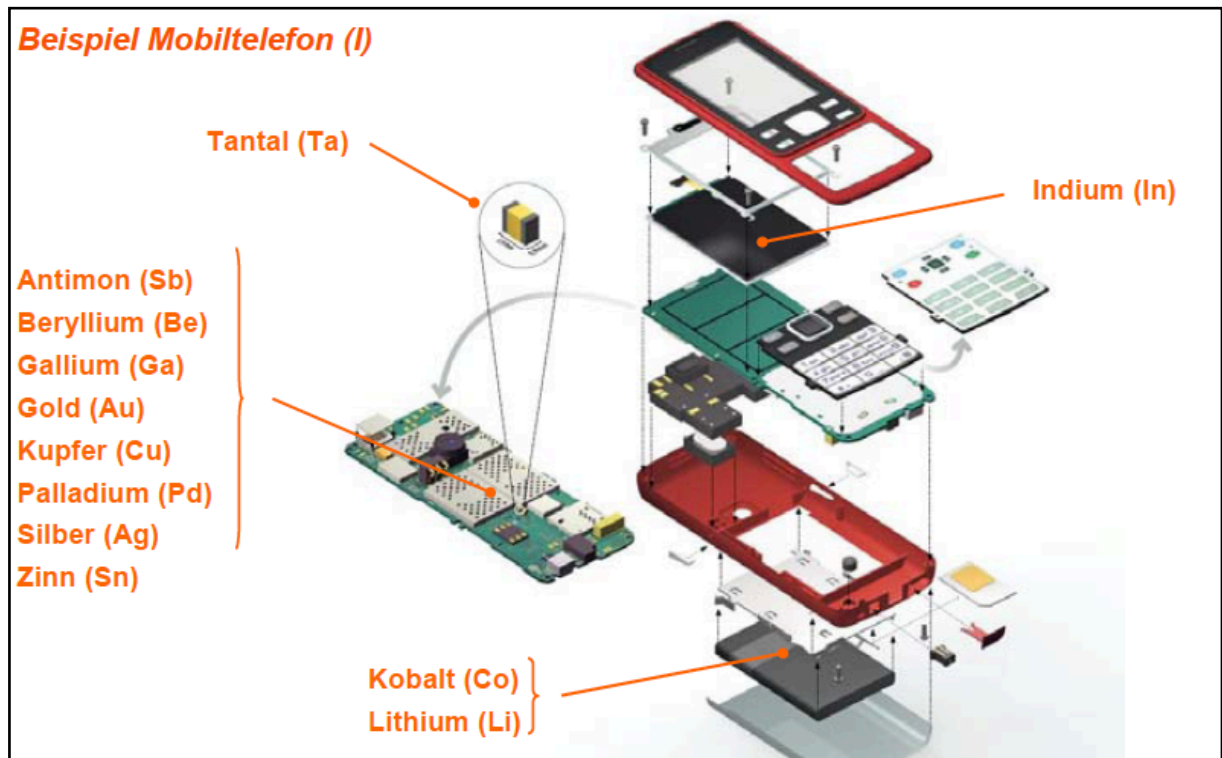


Abbildung 1: Seltene Metalle in einem Mobiltelefon (EMPA, 2010)

■ In einem Mobiltelefon enthaltene Elemente

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F		Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba	La-Lu		Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq						

Abbildung 2: Alle in einem Mobiltelefon vorkommende chemische Elemente (Patrick A. Wagner, 2010, S. 7)

Mobiltelefone veranschaulichen eindrucklich die Vielzahl von verwendeten Elementen. So lassen sich alleine in einem einzigen Mobiltelefon 40 verschiedene chemische Elemente wiederfinden

(Abbildung 2) wovon 12 seltene Metalle sind (Abbildung 1). Zwar kommen in jedem einzigen Handy nur eine geringfügige Masse von seltenen Metallen zur Verwendung, beachtet man jedoch, dass 2010 über 1,5 Milliarden Mobiltelefone verkauft wurden, so ergibt sich eine beachtliche Menge an verwendeten Metallen¹⁴. Genauer genommen sind es 36 Tonnen Gold, 375 Tonnen Silber, 14 Tonnen Palladium oder aber auch 5650 Tonnen Kobalt, die allein 2010 durch Mobiltelefone in Umlauf gebracht wurden. Ausmasse aufgrund derer eine nachhaltige Benutzung und Erwirtschaftung seltener Metalle zwingend in den Fokus rücken müssen.

2.3 Politische Relevanz der nachhaltigen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien

2.3.1 Innenpolitische Relevanz für die Schweiz

Die Rückgewinnung von seltenen Metallen aus *e-waste* ist für die Schweiz von zentraler Bedeutung, weil es als ressourcenarmes Land stark auf den Import dieser Mineralien angewiesen ist. Während die Wichtigkeit und somit die Nachfrage der schweizerischen Industrien für diese sogenannten Gewürzmetalle stark zunimmt, werden bei der Beschaffung aus verschiedenen Gründen Engpässe in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten erwartet.

In der Tat steigt die Nachfrage nach seltenen Metallen rasant an: Bei den Elementen Gallium, Indium, Iridium, Palladium, Rhenium, Rhodium und Ruthenium wurden mehr als 80% der Mengen, die seit 1900 aus Lagerstätten gewonnenen wurden, erst in den vergangenen 30 Jahren abgebaut.¹⁵ Der Grund dafür ist, dass diese seltenen Metalle für die moderne Technik unabdingbar sind. Mobiltelefone, Flachbildschirme, Digitalkameras, Autos, Windkraftwerke und Solarzellen liessen sich ohne diese Rohstoffe heute kaum herstellen. Der Markt dafür ist zwischen 1997 und 2007 um das Zwanzigfache gewachsen. Allein für die Zukunftstechnologien wird der Bedarf bei Gallium bis 2030 voraussichtlich um das Sechsfache steigen, die Nachfrage nach Neodym und Indium um das Dreieinhalbfache.¹⁶

Auffällig ist, dass sich die Lagerstätten und Produktionsanlagen auf wenige Länder konzentrieren, vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern.¹⁷ Folglich sind die westlichen Industrienationen fast vollständig vom Import seltener Metalle und Seltener Erden abhängig. Tatsächlich hängen ganze Industrien zunehmend vom gesicherten Nachschub mit raren Rohstoffen ab. Problematisch sind daher vor allem zwei Aspekte: Einerseits schränkt China den Export von Mineralien ein, weil der Eigenbedarf stark gestiegen ist. Das Reich der Mitte, wo 95% der Seltenen Erden

¹⁴ statista, 2011

¹⁵ SATW, 2010, S.6.

¹⁶ Focus Money, 2009.

¹⁷ SATW, 2010, S.10.

und ein Grossteil der seltenen Metalle Indium und Germanium gefördert werden¹⁸, erklärte, dass es künftig vermutlich nicht mehr die gesamte Nachfrage in diesem Bereich befriedigen könne.¹⁹ Ausserdem wird die Beschaffungssicherheit seltener Metalle dadurch erschwert, dass viele der seltenen Rohstoffe in politisch instabilen Regionen liegen. So kommt ein Teil des Tantals aus Krisengebieten wie Äthiopien und Ruanda. Die von Bürgerkriegen geschüttelte Republik Kongo liefert weltweit 42% der Kobaltproduktion sowie das für den Handy-Bau unerlässliche Coltan.²⁰

Aufgrund dieser Gegebenheiten droht mittel- bis langfristig ein Engpass, d.h. ein Missverhältnis zwischen den Nutzungswünschen und der Verfügbarkeit. Dies stellt ein grosses potenzielles Problem dar, weil es zu einigen Stoffen wie Indium keine Alternative gibt.²¹

Wie wir gesehen haben, hat der Bedarf an seltenen Metallen in den letzten Jahren rasant zugenommen, da diese Stoffe bei vielen Zukunftstechnologien eine wichtige Rolle spielen. Angesichts dieses Wachstums stellt sich die Frage, wie die Versorgung mit diesen Metallen längerfristig sichergestellt werden kann. Ein möglicher Ausweg wäre eine stärkere Rückgewinnung seltener Stoffe aus Altgeräten. In der Tat gehen heutzutage strategischen Metallen verloren, weil sie nicht aus den immer grösser werdenden Elektroschrott Bergen wiedergewonnen werden.

Die Schweiz ist als postindustrielle Gesellschaft massgeblich von Zukunftstechnologien abhängig, bei denen seltene Metalle eine wichtige Rolle spielen. Sie sollte deshalb ein grosses Interesse daran haben, sorgsam mit diesen Rohstoffen umzugehen. Die Schweiz ist zudem ein Land, in dem sich neue Technologien häufig sehr früh verbreiten.²² Daraus ergibt sich für die Schweiz eine Mitverantwortung, die ökologischen und sozialen Auswirkungen im Auge zu behalten, die der Abbau von Primärressourcen in anderen Ländern hat. Nicht zuletzt kann die Schweiz auch ihre Position in der internationalen Forschungslandschaft stärken, wenn sie Beiträge zu einem nachhaltigeren Umgang mit diesen Ressourcen leistet und ihr Wissen im Bereich der Substitution besonders kritische Metalle einbringt.²³

2.3.2 Entwicklungspolitische Relevanz

Das nachhaltige Bewirtschaften von nicht erneuerbaren Rohstoffen ist darüber hinaus auch aus einer entwicklungspolitischen Perspektive äusserst relevant. Das liegt zunächst einmal daran, dass der Grossteil der seltenen Mineralien in Entwicklungsländern abgebaut wird. Ausserdem werden

¹⁸ SATW (2010), S.10.

¹⁹ (2009). „Seltene Metalle, rare Rohstoffe“ in *Focus Money* Nr.41.

²⁰ Ebd.

²¹ SATW (2010), S.20.

²² Ebd. S.28.

²³ Ebd.

die Mengen an Elektronikschrott in Entwicklungsländern immer grösser. Einerseits exportieren Industriestaaten eine hohe Anzahl der veralteten oder unbrauchbaren Elektrogeräte (oft illegal) in Entwicklungsländern.²⁴ Andererseits nimmt der Gebrauch von Elektro- und Elektronikgeräten, wie z.B. das Mobiltelefon in Entwicklungsländern drastisch zu.²⁵ In beiden Fällen entstehen schlussendlich grosse *e-waste* Berge. Wie wir in dieser Arbeit ausführlich darlegen werden, verursachen der Abbau sowie das unsachgemässe Recycling in Entwicklungsländern heutzutage erhebliche Probleme ökologischer, gesundheitlicher und sozialer Art. So führt beispielsweise das informelle Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten in Ländern wie Indien oder China zu unkontrollierten Schadstoffemissionen, welche die Luft- und Wasserqualität der entsprechenden Regionen massiv beeinträchtigen.²⁶ Auch wirtschaftlich betrachtet, liesse sich die Effizienz der Metall(rück)gewinnung steigern, weil bisher sehr viel verloren geht.

Die Schweiz nimmt in Recyclingfragen international eine führende Stellung ein. Dieses Wissen und Know-how kann zugunsten der Entwicklungsländer mobilisiert werden. Das Entwicklungsziel eines vom SECO unterstützten Recycling-Programmes wäre folgendes: Kleine und mittelständige Unternehmen (KMU) in Entwicklungs- und Transformationsländern sollen nachhaltig in den globalen Recyclingprozess von sekundären nicht erneuerbaren Ressourcen (u.a. seltene Metalle) integriert werden und daran teilnehmen.

Die nachhaltige Produktion und der nachhaltige Konsum im Industriesektor ist ausserdem Teil der Entwicklungsagenda vieler SECO-Partnerländer. Darunter versteht man u.a. das sichere Recycling und die Entsorgung.²⁷ Ein besonders hohes Defizit herrscht vor allem beim Aufbau und der Verbesserung von *reverse supply chains*, d.h. Massnahmen und die nötige Infrastruktur, um die recycelten Stoffe wieder in die Produktionskette zuzuführen. Die durch das unsachgemässe Recycling verursachten Probleme sind inzwischen von vielen Partnerländern erkannt worden, was sich z.B. in der Entwicklung von e-waste Gesetzgebungen widerspiegelt. Die Unterstützung der Schweiz ist daher umso sinnvoller und käme zum richtigen Zeitpunkt.

2.4 Grundproblematik der Rohstoffwirtschaft

Vor dem Aufschwung der so genannten BRIC Staaten, namentlich Brasilien, Russland, Indien und China hielt sich die Angebots- und Nachfrageseite bei seltenen Metallen im Gleichgewicht. Zwar verhielt sich die Angebots- und Nachfrageentwicklung stark zyklisch, das heisst, dass diese

²⁴ Sepúlveda et al. (2010), S.29.

²⁵ Osibanjo & Nnorom, (2007), S.490.

²⁶ Sepúlveda et al. (2010), S.30.

²⁷ Böni (2011).

stark mit der jeweiligen wirtschaftlichen Situation (in Abbildung 3 durch das BIP-Weltwachstum dargestellt) korrelierte, dennoch konnte die Nachfrage durch das Angebot gedeckt werden.

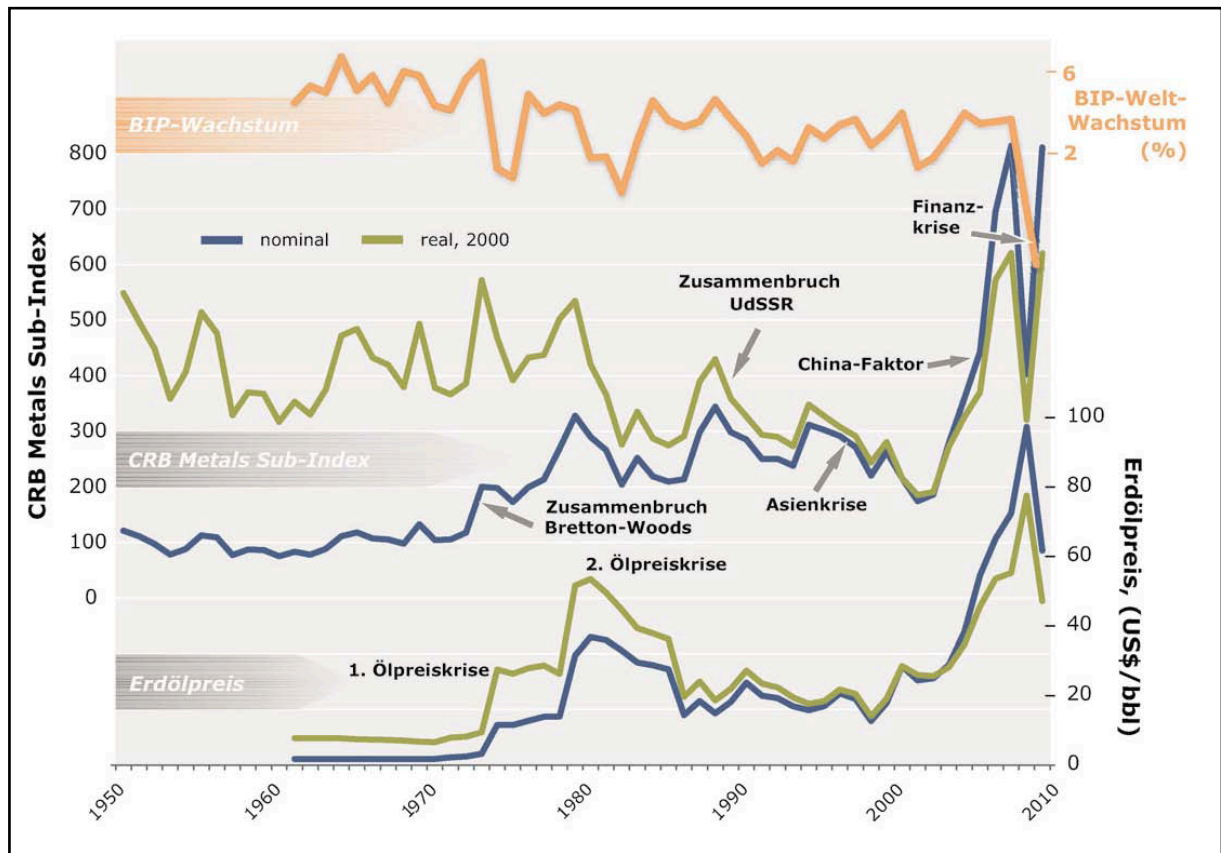


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Rohstoffpreise und der internationalen wirtschaftlichen Entwicklung (Bundesrepublik Deutschland: Rohstoffsituation, 2010, S.14)

Durch den rasanten wirtschaftlichen Aufschwung der BRIC Staaten, insbesondere durch den von China, erhöhte sich der globale Bedarf nach Rohstoffen drastisch und liess die Preise für Rohstoffe seit 2002 in die Höhe schnellen.²⁸ Dies wird in Abbildung 3 durch den Verlauf des CRB Metals Sub- Index sichtbar. Dieser Index ist der weltweit älteste Rohstoff Index und gibt im Falle des CRB Metals Sub-Index die durchschnittliche globale Preisentwicklung der metallischen Rohstoffe, samt seltener Metalle an.²⁹ Die Finanzkrise 2008/2009 führte zu einem signifikanten Einbruch des Wirtschaftswachstums und einhergehend zu einer stark gesunkenen Nachfrage nach Rohstoffen, wodurch es zu einem drastischen Fall der Rohstoffpreise kam. Diese Entwicklung war allerdings nur äusserst kurzfristig und bereits 2010 waren Nachfrage und Preisniveau auf derselben Höhe wie vor der Krise. Dazu beigetragen haben nicht nur neue technische Errungenschaften, sondern auch das ungebremste Wirtschaftswachstum Chinas.

²⁸ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

²⁹ T-Online Börse. (10. Februar 2010).

Die dargelegte erhöhte Nachfragentwicklung kann momentan nicht vollständig durch das Angebot gedeckt werden. Gründe hierfür sind vielseitig. Bergbauprojekte sind auf mehrere Jahrzehnte ausgerichtet und haben eine Anlaufzeit von bis zu zehn Jahren.³⁰ Die Angebotsseite weist demzufolge eine stark langfristige Orientierung auf und kann nur mit Verzögerung auf die kurzfristig orientierte Nachfragentwicklung reagieren. Hinschwerend kommt hinzu, dass in der Zeit der Finanzkrise im Jahr 2008/2009 zahlreiche Explorationsprojekte auf Eis gelegt wurden. Durch den Einbruch der Rohstoffpreise stellten sich diese Vorhaben als nicht mehr rentable dar. Erst durch die erneute Preiserhöhung werden diese Projekte wieder aufgenommen.

Langfristiges Ziel ist es, das aus dem Gleichgewicht geratene Angebots- und Nachfrageverhältnis wieder zu stabilisieren. Zur Erreichung dieses Zieles kristallisieren sich zwei Strategien heraus, zum einen die Erhöhung der Explorations, zum anderen aber eine nachhaltigere Strategie, die insbesondere Recyclingmöglichkeiten in Betracht zieht. Aufgrund der natürlichen Beschränkung der seltenen Metalle erscheint es sinnvoll insbesondere der letzteren Strategie genauere Betrachtung zu schenken, was im anschließenden Kapitel erfolgt.

Zur Veranschaulichung und besseren Verständlichkeit der oben beschriebenen Vorgänge soll die nachfolgende Grafik dienen.

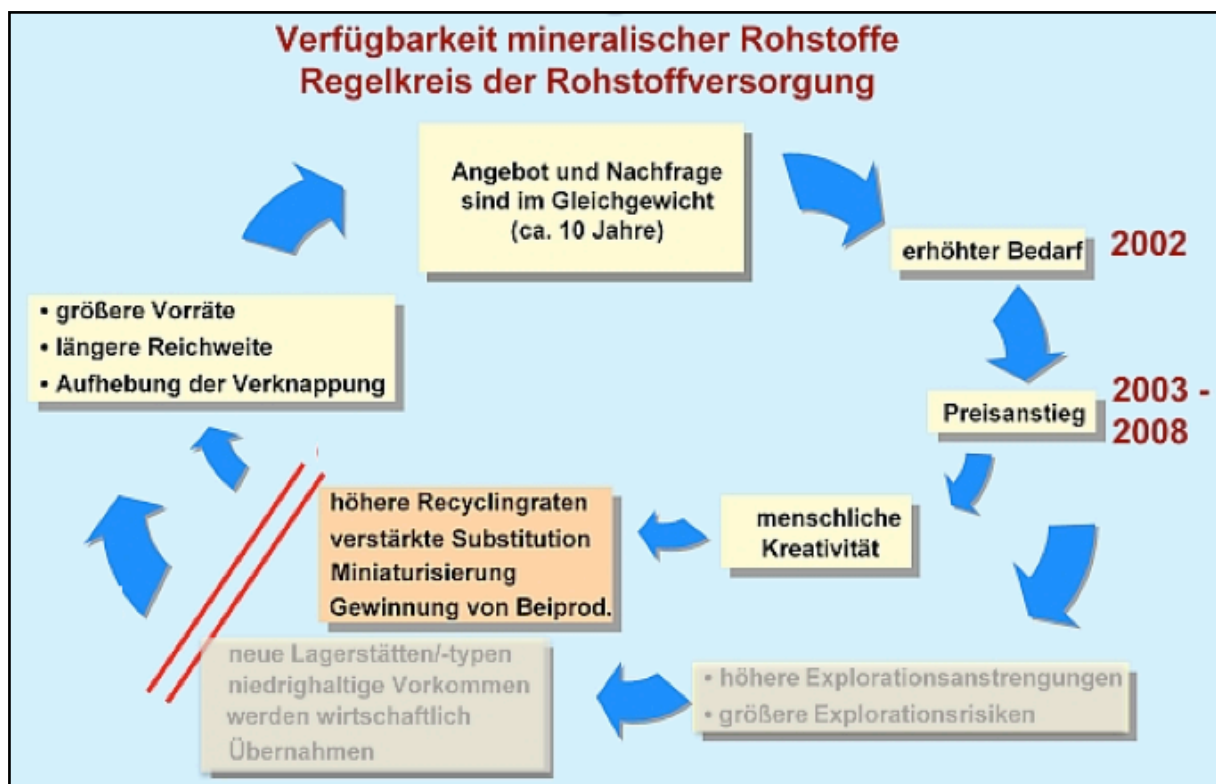


Abbildung 4: Regelkreislauf der Rohstoffversorgung unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)

³⁰ Bundesrepublik Deutschland Rohstoffsituation, 2010, S.15

3 Analyse des Lebenszyklus von seltenen Mineralien

3.1 Lebenszyklus von seltenen Mineralien

Um besser zu verstehen, was an der aktuellen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien nicht nachhaltig ist, soll in diesem Kapitel der einfache Lebenszyklus dieser Materialien näher betrachtet werden. Dabei lehnen wir uns an folgende drei Konzepte an:

- die Lebenszyklusanalyse³¹
- das *cradle-to-cradle* Konzept³²
- der Ansatz des *sustainable supply chain management*³³

In Anlehnung an das Konzept der Lebenszyklusanalyse wird der gesamte Lebensweg eines Produkts bzw. einer Kategorie von Materialien untersucht, um dessen verschiedenen Auswirkungen zu identifizieren³⁴. Gemäss des *cradle-to-cradle* Konzepts soll die Betrachtungsweise jedoch nicht an der „Bahre“ enden; vielmehr soll die Brücke von der „Bahre“ zurück in die „Wiege“ geschlagen werden, um den Kreislauf zu vollenden. Schliesslich soll bei dieser Analyse auf die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit eingegangen werden. Wie beim *sustainable supply chain management* sollen nämlich die sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der Aktivitäten – soweit möglich und sinnvoll – bei jeder Etappe des Lebenszyklus berücksichtigt werden.

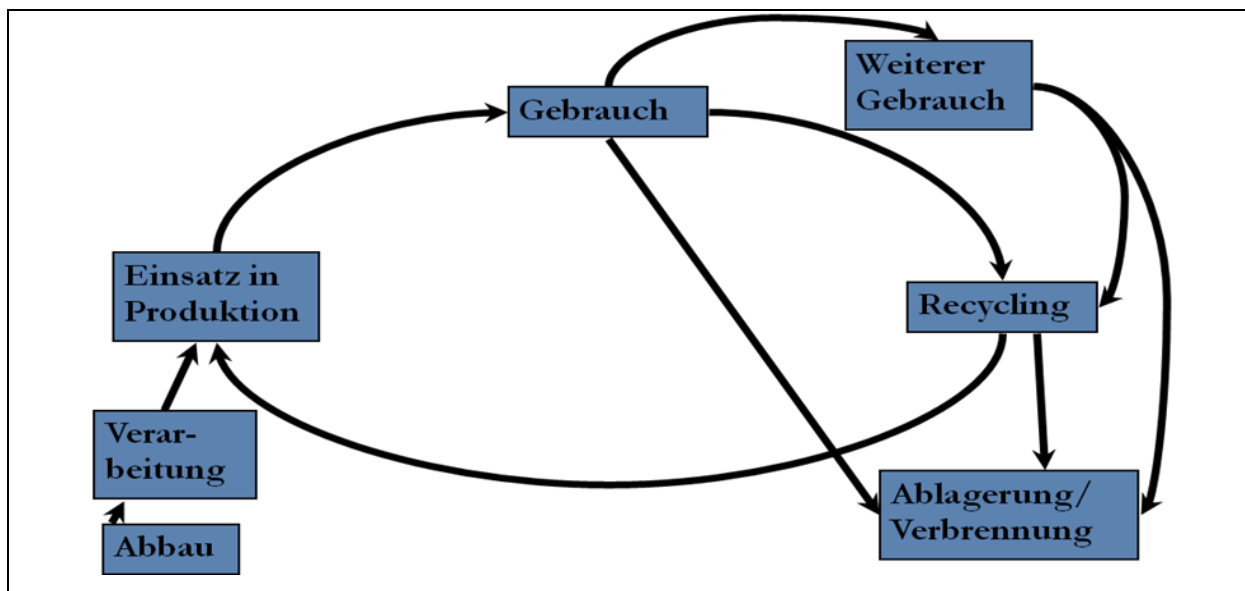


Abbildung 5: Lebenszyklus seltener Mineralien (eigene Darstellung)

³¹ Hertwich, 2005, S. 4673 f.; United Nations Environmental Programme [UNEP], 2009, S.33 ff.

³² Environmental Protection and Encouragement Agency [EPEA], 5. Mai 2011

³³ Cuthbertson, 2011, S.10 f.

³⁴ Auf eine genaue Quantifizierung dieser Auswirkungen wird verzichtet, da ein solches Vorgehen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde und im Hinblick auf die Ziele dieser Arbeit auch nicht notwendig ist.

3.1.1 Überblick über den Lebenszyklus

Ganz am Anfang steht der Abbau der Mineralien. Anschliessend werden diese Rohstoffe – im wahrsten Sinne des Wortes- verarbeitet, wodurch ihre Reinheit gesteigert wird. Es sind diese verfeinerten Mineralien, welche dann in die Produktion von verschiedenen Elektrogeräten gelangen. Die fertigen Produkte werden dann verkauft und ein erstes Mal gebraucht. Oft wechseln gebrauchte Geräte ein oder mehrere Male ihren Besitzer - sei es innerhalb von entwickelten Ländern oder durch Export in Entwicklungsländer. Nach dieser Etappe sollte eigentlich das Recycling kommen, wodurch seltene Mineralien und andere Materialien zurückgewonnen werden und somit wieder in die Produktion einfliessen können. Es gibt jedoch Bestandteile von Elektrogeräten, die nicht recycelt werden können und diese gelangen letztendlich in Mülldeponien oder Verbrennungsanlagen. Leider kommt es oft vor, dass Geräte entweder überhaupt nicht oder nur ansatzweise recycelt werden und direkt abgelagert bzw. verbrannt werden, wodurch die seltenen Mineralien verloren gehen.³⁵

Nun stellt sich die Frage, was an dieser Bewirtschaftung im Moment nicht nachhaltig ist. Grundsätzlich gibt es Probleme an jeder Etappe des Zyklus, wobei hier zwischen entwickelten und Entwicklungsländern unterschieden werden muss. Denn in Ersteren verlaufen die meisten Aktivitäten innerhalb des Lebenszyklus auf grundsätzlich relativ nachhaltige Art und Weise, auch wenn an einigen Stellen Optimierungspotenzial besteht³⁶. Da aber die gravierendsten Probleme vor allem in Entwicklungsländern auftreten, soll in folgenden Abschnitten der Schwerpunkt auf diese liegen. Zudem wird auf die Etappen Abbau sowie Recycling vertiefter eingegangen, weil dort der höchste Handlungsbedarf besteht.

3.1.2 Erklärung der aktuellen Problematik

- *Beim Abbau*

Der Abbau in Entwicklungsländern ist, zunächst einmal aus einer sozialen Perspektive nicht nachhaltig, weil Minenarbeiter unter lebens- und gesundheitsgefährdenden Bedingungen arbeiten müssen. Dies ist der Fall, egal ob sie für grosse Bergbaukonzerne oder als selbständige Kleinschürfer arbeiten. So suchen beispielsweise Kleingoldschürfer in der Peruanischen Region Madre de Dios rund um die Uhr nach Gold und dies ohne jeglichen Schutz. Um das begehrte Metall aus dem Schlamm zu lösen, wird Quecksilber verwendet, das mit nackten Beinen und Händen in

³⁵ Hagelüken & Meskers, 2010, S.175.

³⁶ Hagelüken & Meskers, 2010, S. 190.

Kontakt kommt³⁷. Ausserdem findet diese Abbauproduktivität oft in Konfliktregionen statt und trägt somit zur Kriegsfinanzierung bei. Ein Beispiel hierfür liefert der Abbau von Gold³⁸ aber auch derjenige von Kobalt und Kupfer in der Demokratischen Republik Kongo. Dem in Zug ansässige Grosskonzern Glencore wird vorgeworfen, seine Minenarbeiter würden ohne Schutzbekleidung und unter zweifelhaften Sicherheitsbedingungen arbeiten. Zudem soll das Unternehmen indirekt von Kinderarbeit profitieren.³⁹ Darüber hinaus werden Einheimische oft enteignet und gegen ihren Willen umgesiedelt, wie es z.B. im Falle einer Goldmine in den Philippinen geschah⁴⁰.

Aus ökologischer Sicht ist der Abbau ebenfalls nicht nachhaltig. Denn um die Mineralien zu extrahieren, kommen oft hochgiftige Chemikalien zum Einsatz, welche dann in die Umwelt gelangen. Zum Beispiel brauchen die Kleinschürfer in Peru zwei bis drei Gramm Quecksilber für jedes Gramm Gold, das sie gewinnen. Der meiste Teil dieses giftigen Stoffes gelangt somit in die Umwelt, wo er sich langsam ansammelt. Dieses hochgiftige Element wird daher von Lebewesen wie Fischen aufgenommen und gelangt schliesslich in die Nahrungsmittelkette von Menschen.⁴¹

Manche Umweltschäden dauern lange nach dem eigentlichen Abbau an. In der Region des Witwatersrand in Südafrika droht die Verschmutzung des Grundwassers und der Umwelt mit schwefelsäurehaltige Grubenwässer, welche eine Folge des vergangenen Goldabbaus ist⁴². Zudem verursacht der Abbau auch Landschaftszerstörung, die im Falle des Madre de Dios in Peru sogar vom Weltall aus zu sehen ist⁴³. Als letzten Punkt in Bezug



Abbildung 6: Goldrausch in Ghana (Die Presse)

auf die ökologische Nachhaltigkeit soll hier auf den hohen Energiebedarf, welcher für den Abbau seltener Mineralien erforderlich ist, und die damit verbundenen CO₂ Emissionen, hingewiesen werden. Werte für einige der wichtigsten Metalle können der folgenden Tabelle entnommen werden. Dadurch wird ersichtlich, dass es sich beim Abbau seltener Mineralien um einen energieintensiven Prozess handelt.

³⁷ Miranda, 2010.

³⁸ Human Rights Watch, 2005.

³⁹ Peyer, 2011.

⁴⁰ Oxfam, 20. März 2011

⁴¹ Miranda, 2010.

⁴² Naidoo, 2009.

⁴³ Miranda, 2010.

Metalle	Nachfrage (t/Jahr), für Elektrogeräte	Emissionen (tCO ² /t Metall)	Total (Mt)
Kupfer (Cu)	4,500,000	3.4	15.30
Kobalt (Co)	11,000	7.6	0.08
Zinn (Sn)	90,000	16.1	1.45
Indium (In)	380	142	0.05
Silber (Ag)	6000	144	0.86
Gold (Au)	300	16,991	5.10
Palladium (Pd)	33	9380	0.31
Platinum (Pt)	13	13,954	0.18
Ruthenium (Ru)	27	13,954	0.38
TOTAL	4,607,731		23.71

Tabelle 2: CO2 Verbrauch bei der Gewinnung von seltenen Metallen (Hagenlücken & Meskers, 2010, 166)

Schliesslich ist der Abbau von seltenen Mineralien auch ökonomisch gesehen nicht nachhaltig, da die abgebauten Rohstoffe per Definition knapp sind irgendwann ausgeschöpft sein werden⁴⁴. Zudem gehen Kleinschürfern grosse Mengen an Mineralien aufgrund ihrer rudimentären Arbeitsweisen verloren. Hier kann wieder das Beispiel der Goldschürfer in Peru genannt werden. Gemäss ihren eigenen Schätzungen können sie lediglich 48% des Goldes aus dem Schlamm extrahieren.⁴⁵

- *Bei der Verarbeitung*

Was die Verarbeitung betrifft, soll lediglich erwähnt werden, dass oft noch Optimierungspotenzial im Hinblick auf die Effizienz der Verarbeitungsprozesse besteht⁴⁶.

- *Beim Einsatz in der Produktion*

Die verfeinerten Mineralien werden für die Produktion verschiedener Elektrogeräte verwendet.

Hinsichtlich der sozialen Nachhaltigkeit, könnte hier das Thema der Arbeitsbedingungen von Fabrikarbeitern angesprochen werden. Da diese Problematik aber nur indirekt mit der nachhaltigen

⁴⁴ Hagenlücken & Meskers, 2010, S. 164.

⁴⁵ Miranda, 2010.

⁴⁶ Hagenlücken & Meskers, 2010, S. 180.

gen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien zu tun hat, soll nicht weiter darauf eingegangen werden.

Aus einer ökologischen Perspektive ist zu bedauern, dass Elektrogeräte meistens nicht so konzipiert werden, dass sie möglichst einfach recycelt werden können, was aus einer Nachhaltigkeitsperspektive aber der Fall sein müsste⁴⁷. Zudem haben Elektrogerätehersteller keinen Anreiz, Geräte zu produzieren, welche möglichst lange benutzt werden können⁴⁸. Denn mit einer kürzerer Lebensdauer müssen Geräte öfters gewechselt werden, wodurch potenziell mehr verkauft⁴⁹. Dadurch erhöht sich allerdings auch die Nachfrage nach Rohstoffen wie seltenen Mineralien. Zu einer ganzheitlichen Betrachtung müsste hier noch die Nachhaltigkeit des Produktionsprozesses an sich beachtet werden, d.h. unter anderem, wie die im Produktionsprozess eingesetzte Elektrizität gewonnen wird. Genauere Ausführungen hierzu würden den Rahmen dieser Arbeit aber sprengen. Es soll nur festgehalten werden, dass für manche Elektrogeräte wie z.B. Computer die Herstellung die umweltschädlichste Etappe in ihrem Lebenszyklus darstellt⁵⁰.

- *Beim Erstgebrauch*

In der Benutzungsphase besteht das Problem darin, dass die Lebensdauer der Geräte – welche aufgrund der eben erwähnten Anreize ohnehin nicht sehr lang ist – immer kürzer wird. Ein Grund dafür liegt beim rasanten technologischen Fortschritt und den immer kürzeren Innovationszyklen⁵¹. Darüber hinaus beeinflussen auch Mode und soziale Faktoren die Lebensdauer von Produkten⁵². Diese Tatsache ist ökologisch nicht nachhaltig, da mit jedem neuen Gerät Umweltschäden entstehen, sowohl beim Abbau als auch bei der Produktion. Dadurch erhöht sich der ökologische Fussabdruck pro Kopf.

- *Beim weiteren Gebrauch*

In Hinblick auf den Zweitgebrauch soll vor allem auf die enormen Mengen von alten Elektrogeräten – funktionsfähige wie nicht-funktionsfähige, die in Entwicklungsländer auf legalem wie illegalem Weg gelangen⁵³, eingegangen werden.

Das Positive an dieser Entwicklung ist, dass diese alten Elektrogeräte somit eventuell ein zweites Leben bekommen, indem sie nach einer allfälligen Reparatur wieder gebraucht werden⁵⁴. Dies ist

⁴⁷ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 492.

⁴⁸ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 491.

⁴⁹ Schmidt, 2006, S. 234.

⁵⁰ Betts, 2009, S. 6901.

⁵¹ Robinson, 2009, S. 185.

⁵² Hagenlücken & Meskers, 2010, S. 189.

⁵³ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 489 und 495; Sinha-Khettrival et al. 2005, S. 498 ; Robinson, 2009, S. 184.

aus einer Nachhaltigkeitsperspektive sehr wünschenswert. In der Tat trägt es zur sozialen Nachhaltigkeit bei, indem arme Menschen dank diesen secondhand – und somit für sie erschwinglichen – Geräten überhaupt Zugang zu modernen Informations- und Kommunikationstechnologien bekommen⁵⁵. Dadurch kann ein Beitrag zur Schliessung des sogenannten "digital divide" geleistet werden⁵⁶. Gleichzeitig ist der weitere Gebrauch von Elektrogeräten auch ganz im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit. Indem alte Geräte weiterverkauft und gebraucht werden, verlängert sich nämlich ihre Lebensdauer, was gleichzeitig die Nachfrage nach neuen Geräten teilweise verringert⁵⁷. Dies wirkt also den Trends bei Produktion und Erstgebrauch entgegen.

Grundsätzlich können also keine Probleme hinsichtlich der Nachhaltigkeit bei der weiteren Benützung von Elektrogeräten festgestellt werden. Deswegen ist das Verschiffen von alten Elektrogeräten von entwickelten Ländern nach Entwicklungsländern teilweise wünschenswert, birgt aber auch grosse Nachteile in Bezug auf Recycling und Entsorgung⁵⁸, wie im Anschluss erklärt wird.

- *Beim Recycling*

Das Recycling in Entwicklungsländern ist, zunächst einmal, sozial nicht nachhaltig, weil die Arbeiter ihre Gesundheit durch den unsachgemässen Einsatz von Chemikalien gefährden. Zum Beispiel wird bei der Rückgewinnung von Gold aus Leiterplatten in informellen Betrieben Quecksilber eingesetzt und bei der Rückgewinnung von Kupfer werden die Leiterplatten in toxische Säuren eingetaucht⁵⁹. Da die Arbeiter sich diesen Gefahren oft nicht bewusst sind und solche Arbeitsmethoden ohne jeglichen Schutz durchführen⁶⁰, sind sie diesen giftigen Stoffen ausgesetzt und gefährden somit ihre Gesundheit. Ausserdem werden diese Chemikalien auch nicht sachgemäss entsorgt, weil sie auf den Boden oder in Flüssen ausgeschüttet werden⁶¹. Dadurch wird in vielen Fällen das Trinkwasser verseucht, wodurch eine grosse Anzahl von Menschen unter dem unsachgemässen Umgang mit Chemikalien leiden⁶². Beim Elektroschrottreycling in China kommen auch noch Probleme wie Ausbeutung von Frauen und Kinder hinzu⁶³, wobei diese Problematik potenziell in allen Entwicklungsländern vorkommen kann⁶⁴.

⁵⁴ Osibanjo&Nnorom, 2007, S. 493.

⁵⁵ Williams et al., 2008, S. 6446.

⁵⁶ Osibanjo&Nnorom, 2007, S. 490.

⁵⁷ Osibanjo&Nnorom, 2007, S. 491.

⁵⁸ Siehe Hangenlücken & Meskers, 2010, S 196.

⁵⁹ Schmidt 2006, S.234.

⁶⁰ Sinha-Khetriwal et al., 2005, S. 502; Widmer et al., 2005, S. 438.

⁶¹ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 496.

⁶² Robinson, 2009, S. 188.

⁶³ Schmidt 2006, S. 234.

⁶⁴ Robinson, 2009, S. 187.

Darüber hinaus wird das Recycling in Entwicklungsländern auf noch informellere Weise betrieben als in den oben erwähnten Kleinbetrieben. Kabel werden typischerweise verbrannt, um das Kupfer daraus zurückzugewinnen, wodurch Dioxine freigesetzt werden.⁶⁵ Diese krebserregenden Substanzen gefährdet nicht nur die Gesundheit der Recycler, der die giftigen Dämpfe einatmen, sondern aller Menschen, die sich in der Nähe solcher Aktivitäten befinden⁶⁶.

Die oben erwähnten Praktiken sind nicht nur aus einer sozialer Perspektive nicht nachhaltig, sondern auch aus ökologischer Hinsicht höchst problematisch, da die erwähnten Substanzen sehr umweltschädlich sind und Wasser, Luft sowie Boden verschmutzen⁶⁷.

Schliesslich ist das Recycling von Elektroschrott in Entwicklungsländern – so wie es momentan abläuft – ökonomisch auch nicht nachhaltig. Vor allem im Vergleich zum Recycling in entwickelten Ländern werden in Entwicklungsländern durch informelles Recycling relativ kleine Mengen der wertvollen



Abbildung 7: Rudimentäres Recycling (First Earth)

Materialien zurückgewonnen⁶⁸. Während informelle Recycler nur 25% des Goldes, das in Leiterplatten enthalten ist, extrahieren können, sind spezialisierte industrielle Recycler wie Umicore in Belgien in der Lage, bis zu 95% des Goldes in Leiterplatten zurückzugewinnen⁶⁹. Recycler in Entwicklungsländern konzentrieren sich lediglich auf einige wenige Metalle – hauptsächlich Gold und Kupfer. Seltene Mineralien wie Indium können überhaupt nicht extrahiert werden und gehen verloren⁷⁰.

- *Bei der Entsorgung*

In der letzten Etappe werden Elektrogeräte, oder zumindest Teile davon, entsorgt. Dies bedeutet entweder die Ablagerung in einer – offiziellen oder inoffiziellen – Mülldeponie oder Verbrennung. Beide Methoden sind momentan sowohl sozial als auch ökologisch nicht nachhaltig, weil

⁶⁵ Betts, 2009, S. 6900; Robinson, 2009, S. 186.

⁶⁶ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 496.

⁶⁷ Sinha-Khettrival et al., 2005, S. 500; Robinson, 2009, S. 187ff.

⁶⁸ Betts, 2009, S. 6901.

⁶⁹

⁷⁰ Böni, 2011.

sie in Entwicklungsländern nicht sachgemäss erfolgen. Tatsächlich landen die Elektrogeräte meistens auf irgendwelchen Feldern oder in Sümpfen. Schon alleine beim Brachliegen besteht die Gefahr, dass die in den Geräten enthaltenen giftigen Substanzen wie Blei, Kadmium und Quecksilber in den Boden oder Gewässern gelangen⁷¹. Darüber hinaus werden diese Müllberge nach einiger Zeit in Brand gesetzt, damit sich der Müllhaufen verkleinert. Dadurch werden krebserregende Substanzen wie Dioxine und Aromate freigesetzt.⁷² Anzumerken ist auch, dass Ressourcen verschwendet werden, indem sie verbrannt werden ohne deren Energie zu benutzen⁷³. Das ist sowohl ökologisch wie ökonomisch nicht nachhaltig.

Zum Schluss ist die Ablagerung und Verbrennung auch ökonomisch nicht nachhaltig, weil dadurch wertvolle Materialien wie seltene Mineralien verloren gehen⁷⁴. Um den potenziell verlorenen Wert zu veranschaulichen soll folgendes Beispiel gebracht werden. Laut Hagelüken und Meskers⁷⁵ betrug der intrinsische Wert der in einem durchschnittlichen Handy enthaltene Metalle zwischen 8000 und 10,000 US\$ pro Tonne.

4 Lösungsansätze

Im nachfolgenden Kapitel sollen auf mögliche Lösungsansätze für eine nachhaltigere Bewirtschaftung von Rohstoffen eingegangen werden. Da es sich um einen ganzheitlichen Lösungsansatz handelt kann ein einheitlicher Lösungsansatz in einem komplexen Mehrebenensystem nur bedingt erfolgversprechend sein. Aus diesem Grund werden nachfolgend sowohl Lösungsstrategien für die Schweiz als Konsument von seltenen Metallen dargelegt, internationale Lösungsansätze genauer betrachtet und schliesslich Möglichkeiten für Entwicklungsländer aufgezeigt, welche verstärkt durch die Problematik der bisher unnachhaltigen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien betroffen sind.

4.1 Lösungsansätze für den Abbau von seltenen Metallen

4.1.1 In der Schweiz

Auch wenn sich in der Schweiz kaum Primärressourcen finden lassen und somit keine direkte Betroffenheit von den Problemen des Abbaus besteht, hat die Schweiz dennoch eine grosse Verantwortung, sich für einen nachhaltigen Abbau von seltenen Metallen einzusetzen. Diese begrün-

⁷¹ Siehe Widmer et al., 2005, S.438.

⁷² Schmidt, 2006, S. 233 f.; Widmer et al., 2005, S. 444.

⁷³ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 496.

⁷⁴ Osibanjo & Nnorom, 2007, S. 496.

⁷⁵ 2011, S. 188.

det sich zum einen darin, dass sich in der Schweiz besonders früh neue Technologien durchsetzen können. So weist die Schweiz beispielsweise die höchste pro Kopf iPhone Dichte der Welt auf.⁷⁶ Andererseits ist die Schweiz als postindustrielle Gesellschaft stark von Zukunftstechnologien abhängig und kann ein dauerhaftes Verschwinden dieser Metalle nicht verantworten. Zudem tragen hochentwickelte Industrienationen eine gewisse moralische Verantwortung gegenüber weniger privilegierten Nationen.

Möglichkeiten der Schweiz wären im Bereich des nachhaltigen Abbaus ein System zertifizierter Handelsketten aufzubauen. Denn bislang existieren keine allgemein akzeptierten Mechanismen zum Abbau von mineralischen Rohstoffen, die auf Nachhaltigkeits- und Entwicklungskriterien aber auch auf ethische Mindeststandards Rücksicht nehmen. Dabei ist es möglich, nicht nur den Abbau in die Betrachtung einzubeziehen, sondern auch die gesamte Rohstoffkette, bis die einzelnen Metalle schliesslich in einem Endprodukt zu finden sind. Eine Verifizierung der einzelnen Prozessschritte ermöglicht es auch soziale Rahmenbedingungen für die einzelnen Bergbauern zu erhöhen. Aus Gründen der Praktikabilität und unter Betracht eines eingeschränkten Budgets wäre es zu empfehlen, einen regionalen Schwerpunkt zu wählen als auch Kooperationsmöglichkeiten mit NGOs vor Ort in Betracht zu ziehen.

Parallel zur Etablierung einer Handelskettenzertifizierung sollte das Bewusstsein in der Bevölkerung über die Problematik beim Abbau der verschiedenen Metalle geschärft werden und das grundsätzliche Problem der nicht-erneuerbaren Mineralien in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt werden. Zu erwarten wären hierdurch nicht nur ein verändertes Konsumentenverhalten, auf welches im anknüpfenden Abschnitt näher eingegangen wird, sondern auch eine grössere Unterstützung von diversen internationalen NGOs und Organisationen die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen.

4.1.2 In Entwicklungsländer und auf internationaler Ebene

Wie im Kapitel 4 aufgezeigt wurde, findet der Abbau von seltenen Mineralien in Entwicklungsländern oftmals unter desaströsen Arbeitsbedingungen und mit schwerwiegenden ökologischen Folgen statt. Deshalb sollten sämtliche Lösungsvorschläge darauf hinauszielen, diese Probleme anzusprechen und so gut es geht zu mindern.

- *Extractive Industries Transparency Initiative (EITI)*

Untersucht man die Länder, in denen der Grossteil der Rohstoffe abgebaut wird, so fällt auf, dass viele rohstoffreiche Länder trotz ihrer Bodenschätze zu den ärmsten der Welt gehören. Die Be-

⁷⁶ cloudtec - IT-Consulting&Engineering. (2011).

völkerung profitiert kaum vom natürlichen Reichtum ihres Landes. Ein Ansatz, um die Transparenz und Verantwortlichkeit im Bergbau- und Rohstoffsektor zu fördern, ist die „Extractive Industries Transparency Initiative“, die 2003 gegründet wurde. Das Ziel dieser Initiative ist es, die Korruption in Entwicklungsländern zu bekämpfen und die sogenannte *Good Governance* zu stärken, indem rohstofffördernde Unternehmen und Regierungen die Zahlungsströme offenlegen.⁷⁷ In der Tat zahlen diese Unternehmen Abgaben an den Staat in Form von Steuern oder Royalties, aber oftmals ist ihre Verwendung dubios. Durch das Offenlegen der Zahlungsströme soll also verhindert werden, dass diese Gelder an öffentlichen Haushalten vorbeigeleitet, unterschlagen oder für Zwecke verwendet werden, für die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht, keine oder nur geringe Priorität besteht.

Im Rahmen der nachhaltigen Bewirtschaftung nicht erneuerbarer Ressourcen ist diese Initiative interessant, weil die EITI Entwicklungsländer im Reformprozess unterstützt, um die Rohstofflöse für die nachhaltige Entwicklung einzusetzen. Dies tut sie nicht nur durch das Offenlegen der Zahlungsflüsse, sondern auch durch Analysen und Beratungsleistungen sowie die nachhaltige Vergabe von Bergbaukonzessionen. Ein besonderes Merkmal der EITI ist, dass sie alle Akteure, sprich Regierungen, private Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen (NGOs) an einen Tisch bringt und in den Reformprozess einbezieht.⁷⁸

Diese Initiative ist ein wichtiger erster Schritt in Richtung nachhaltige Bewirtschaftung nicht-erneuerbarer Rohstoffe, weshalb es mehr als angebracht ist, dass die Schweiz seit Juni 2009 durch die Handelsförderung des SECO diese Initiative finanziell mit drei Millionen US Dollar unterstützt.⁷⁹ Zum einen decken sich die Ziele der EITI mit denen der Schweizer Politik und zum anderen befinden sich unter den EITI Teilnehmerländern wichtige Erdölproduzenten und Partnerländer der schweizerischen Entwicklungszusammenarbeit wie Peru, Nigeria, Ghana und Aserbaidschan.⁸⁰ Allerdings konzentriert sich die EITI bisher hauptsächlich auf Erdöl und Mineralien. Die Schweiz könnte sich folglich verstärkt dafür einsetzen, dass andere Rohstoffe, wie z.B. seltene Metalle auch miteinbezogen werden. Ein weiterer Schwachpunkt ist die Tatsache, dass viele Länder zwar Kandidaten für die EITI sind, aber keine Mitglieder, weil sie sich jahrelang Zeit nehmen, bevor sie die nötigen Kriterien erfüllen.⁸¹

⁷⁷ EITI Fact Sheet: http://eiti.org/files/2011-05-03_English_FactSheet.pdf

⁷⁸ EITI Fact Sheet: http://eiti.org/files/2011-05-03_English_FactSheet.pdf

⁷⁹ <http://www.seco.admin.ch/aktuell/00277/01164/01980/index.html?lang=de&msg-id=27332>

⁸⁰ Ebd.

⁸¹ Le Bec, Ballong (2011), S.64.

- *Durch Organisationen vor Ort bessere Technologien zur Verfügung stellen*

Ein grosses Problem beim Abbau nicht erneuerbarer Rohstoffe, wie z.B. Gold ist, dass die Arbeiter in Entwicklungsländern meistens auf sehr einfache handwerkliche Methoden zurückgreifen. Die dabei verwendeten alte Motoren oder Maschinen sind für den Abbau nicht geeignet. Es besteht daher ein Bedarf an besserer und adäquater Ausstattung einerseits und einem besseren Wissen im Umgang mit gefährlichen Chemikalien und neuen Techniken andererseits. An diesen Punkten könnte das SECO in Zusammenarbeit mit der DEZA anknüpfen. Die Schweiz ist in Sachen Technik und Know-how in einer sehr guten Position, um Aufklärungsarbeit und Wissenstransfer zu Gunsten der Partnerländer zu leisten und angemessene Maschinen zur Verfügung zu stellen. Letztere würden nicht nur den gesundheitsschädlichen Einsatz von Quecksilber oder Zyanid verringern oder ersetzen, sondern auch die Effizienz bei der Rohstoffgewinnung erhöhen. In Peru gehen beispielsweise ca. 52% des Goldes beim Abbau bzw. der Goldwäsche verloren.⁸² Durch einfache Technologien, wie z.B. spiralförmige Konzentratoren, die sich der Fliehkraft und der unterschiedlichen Dichte von Stoffen bedienen, könnte ohne Einsatz von Quecksilber sogar mehr Gold gewonnen werden als bisher.

In den meisten Entwicklungsländern gibt es bereits NGOs vor Ort, die sich der Thematik des nachhaltigen Abbaus von Edel- sowie seltenen Metallen angenommen haben. Die schweizerische NGO „Terre des Hommes“ setzt sich beispielsweise in Peru für den Goldabbau ohne Verwendung von Quecksilber ein.⁸³ Laut Jean-Luc Pittet, dem Generalsekretär von Terre des Hommes Suisse, ist die eben erwähnte Technologie der Spiral-Konzentratoren nicht nur für kleine, sondern auch für grosse Goldwäscher äusserst interessant. Die Herausforderung bestehe allerdings darin, diese Maschinen an die verschiedenen Goldarten anzupassen (das Gold im Amazonasgebiet z.B. ist sehr fein), um möglichst viel Gold zu gewinnen. Es wird angestrebt, 80% des Goldgehaltes aus der Schlammmasse zu trennen und aufzufangen, was sehr viel effizienter wäre als der aktuelle Abbau mit Quecksilber.⁸⁴ Die DEZA arbeitet bereits mit Terre des Hommes zusammen.

Eine weitere grosse Herausforderung ist es, seltenen Metallen - aber auch Edelmetalle wie Gold - abzubauen, ohne dabei die Erde zu vernichten. Heutzutage lässt der Abbau im Amazonas beispielsweise sterile Erde zurück. Um dies zu vermeiden, müsste man eigentlich die verschiedenen Erdschichten mitsamt organischer Materie separat abtragen, um sie nach dem Abbau der Mineralen in den tieferen Schichten wieder geordnet aufzuschütten. Auf diese Weise wäre es möglich, wieder aufzuforsten und Agrarproduktion zu betreiben. Dies ist zwar äusserst aufwendig und

⁸² Dokumentarfilm von Miranda (2010). « Bijoux en or, la face obscure d'un scandale »

⁸³ Ebd.

⁸⁴ <http://www.tsrforum.ch/tp/1763-bijoux-face-obscur-scandale> besucht am 20.5.2011

verteuert die Produktionskosten, aber es ist die einzige Möglichkeit, eine nachhaltige Entwicklung für die Bevölkerung in der jeweiligen Abbauregionen zu gewähren.⁸⁵

- *Erstellung zertifizierter Handelsketten für seltene Metalle*

Aufgrund der schwerwiegenden Folgeerscheinungen ist die Einhaltung von sozialen und ökologischen Mindeststandards bei der weltweiten Gewinnung mineralischer Rohstoffe ein wichtiges politisches Ziel. Allerdings werden die flächendeckende Umsetzung derartiger Standards und deren Kontrollmöglichkeiten durch mehrere Faktoren erschwert. Dazu gehören die Vielfalt der mineralischen Rohstoffe, die regionalen Besonderheiten von Bergbaurevieren, unterschiedliche Verfahren oder Betriebsgrößen im Bergbau und nicht zuletzt die Komplexität des Rohstoffhandels.⁸⁶

Trotz dieser Herausforderungen sollte sich die Schweiz für die Zertifizierung von Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe einsetzen, die den Schwerpunkt auf die Rückverfolgbarkeit der Handelskette und den Herkunftsnachweis legt. Das Ziel solcher Massnahmen ist „einerseits die Erhöhung der Versorgungssicherheit für die Industrie, andererseits die Erschliessung von Rohstoffpotentialen zur Minderung der Armut und zur Konfliktvermeidung in Entwicklungsländern“.⁸⁷ Es geht nicht darum, die Bedingungen der Rohstoffgewinnung und des Handels in der Welt zu vereinheitlichen, sondern die nachhaltige Entwicklung in ausgewählten Projekten zu unterstützen.

Der vom deutschen Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) bevorzugte Ansatz „zertifiziert wird nicht das Bergbauprodukt, sondern die Rohstoffgewinnung, was die Praktikabilität des Verfahrens erhöht und die Kostenbelastung der Rohstoffproduktion durch aufwändige Untersuchungen und Analysen erheblich reduziert“.⁸⁸ Die Prozessverifizierung basiert vor Ort auf Betriebsprüfungen und den Abgleich von Produktions-, Liefer- und Vorratsmengen bei welcher der industrielle Partner eine Art Patenschaft für die Rohstoffgewinnung übernimmt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei verschiedene Ansätze: Erfolgt eine Zertifizierung bis zum Endprodukt, kann das zertifizierte Produkt durch ein Label gekennzeichnet werden, um den ethischen Mehrwert des Produktes gegenüber dem Kunden transparent zu machen und ökonomisch in Wert zu setzen. Demgegenüber stehen die so genannten Business-to-business Ansätze zwischen Produzenten und industriellen Abnehmern bzw. Verarbeitern, bei denen der Zertifizie-

⁸⁵ Ebd.

⁸⁶ BGR, 2007, S.7.

⁸⁷ BGR, 2007, S.16.

⁸⁸ Ebd. S.8.

rungsprozess nicht die gesamte Handelskette umfasst.⁸⁹ Im letzteren Fall diversifiziert der industrielle Abnehmer seine Bezugsquellen, erhält Rohstoffe aus ethisch verantwortlicher Produktion und bekommt so die Möglichkeit seine Produkte besser auf dem Markt zu positionieren (branding advantage). Der Produzent verbessert seinen Ertrag und erhält über Abnahmegarantien eine verbesserte Planungssicherheit auf deren Grundlage Investitionen für Produktivitätssteigerungen umgesetzt werden können.⁹⁰

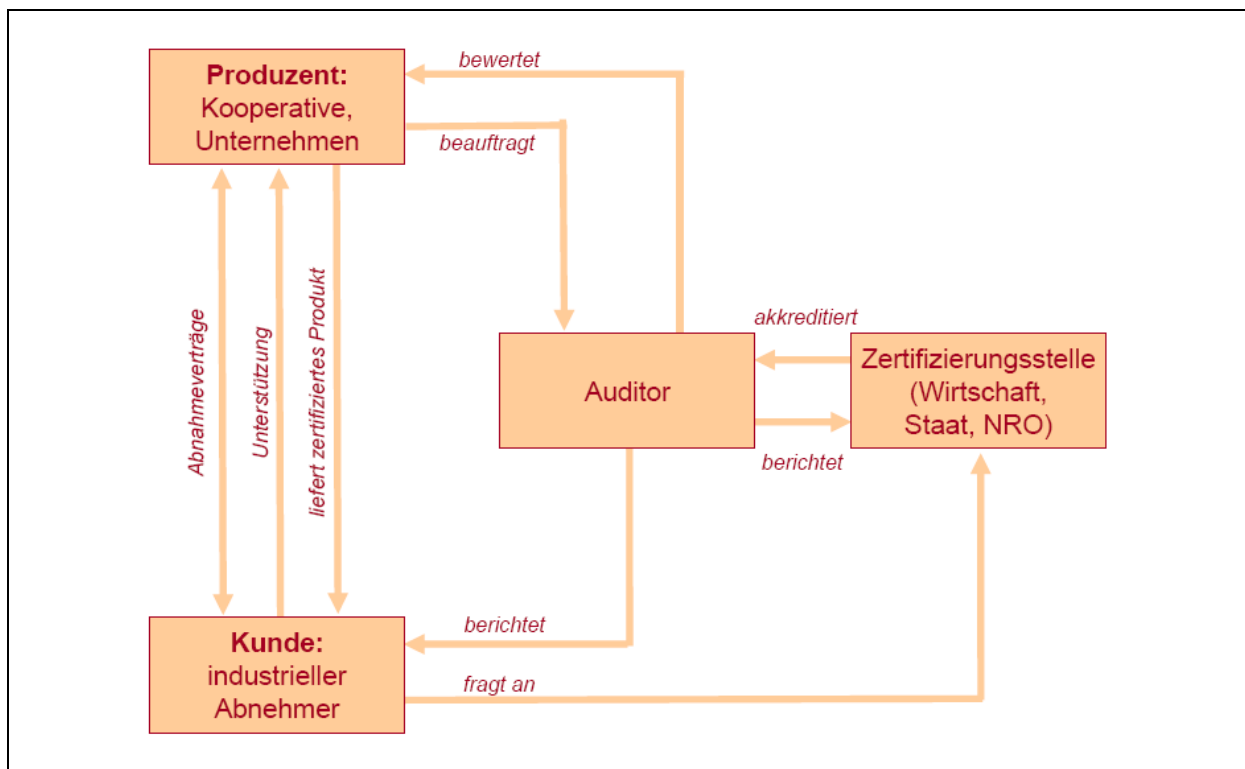


Abbildung 8: Vereinfachtes Konzept einer zertifizierten (BGR, 2007, S.9)

Das SECO sollte seinen Fokus der Handlungsoptionen auf den Kleinbergbau und artisanalen Bergbau legen, da dieser am weitesten von einer Einhaltung von Standards und Transparenz entfernt ist. Diese Prioritätensetzung begründet sich zudem mit der Feststellung, dass in diesem Teilssektor weltweit wesentlich mehr Menschen beschäftigt sind als im Grossbergbau und dass in vielen Entwicklungsländern der artisanale Kleinbergbau die einzige Form des Bergbaus ist.⁹¹ Im Gegensatz zu internationalen Grossunternehmen sind diese kleinen Produzenten ohne externe Unterstützung kaum in der Lage solche Standards einzuhalten. Daher kann eine Verbesserung der Produktion nach sozialen und ökologischen Massstäben hier besonders zur Armut- und Konfliktminderung beitragen.⁹²

⁸⁹ Ebd. S.17

⁹⁰ BGR, 2007, S.13

⁹¹ BGR, 2007, S.13.

⁹² Ebd.

Mittelfristig sollten darüber hinaus die Vertragsbeziehungen zwischen Bergbau, Behörden und Banken sowie in den Wertschöpfungsketten mit den verarbeitenden Industrie und Zulieferindustrien umfassend transparent gemacht werden.

Bereits heute gibt es mehrere Beispiele für zertifizierte Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe. So ist der „Responsible Jewellery Council“ eine Initiative von Akteuren innerhalb der Wertschöpfungskette von Gold und Diamanten. Mehrere Schweizer Marken und Einzelhändler halten sich seit 2009 an einen Verhaltenskodex und unterziehen sich einer externen Prüfung, um die Konformität mit gewissen Standards zertifiziert zu bekommen.⁹³ Dies ist ein sehr guter Ansatz, um den einzelnen Akteuren innerhalb der Wertschöpfungskette Verantwortung zu übertragen. Allerdings beteiligen sich bisher noch keine Banken und nur sehr wenige Bergbauunternehmen an dieser Initiative.

Seit Februar 2011 gibt es in England ausserdem einen FairTrade & FairMined Standard für Goldschmuck, der ein Äquivalent zum Max Havelaar-Label für landwirtschaftliche Produkte darstellt.⁹⁴ Dies ist das erste Mal, dass Konsumenten Gold aus fairem Handel kaufen können. Um Teil des FairTrade und FairMined Systems zu werden, müssen Minenbetreiber bestimmte Standards beachten, die garantieren, dass das Gold auf eine Art und Weise gewonnen wurde, die sicher für Mensch und Umwelt ist. Im Gegenzug erhalten die Bergarbeiter einen festgelegten Fairtrade-Preis für ihr Gold. Zusätzlich bekommen sie eine FairTrade Prämie, um in Projekte zu investieren, welche die Gemeinde- sowie Unternehmensentwicklung fördern. In diesem Rahmen war die Cotapata Minen-Genossenschaft in Bolivien die erste anerkannte FairTrade und FairMined Minenorganisation.

4.2 Lösungsansätze bei der Produktion und der Verwendung

4.2.1 In der Schweiz

Neben der Ebene des Abbaus findet sich auch auf der darauffolgenden Ebene, der Produktionsebene ein enormes Verbesserungspotential für eine nachhaltige Bewirtschaftung von seltenen nicht-erneuerbaren Rohstoffen. Gerade der unbedachte Umgang mit Metallen, lassen grössere Mengen als unbedingt nötig im Produktionsverlauf verschwinden. Es sollte ein unbedingtes Anliegen sein, die Materialeffizienz innerhalb der Unternehmen zu erhöhen. Um dies zu erreichen sollte ein offener Wissensaustausch zwischen den einzelnen Unternehmen gefördert und unterstützt werden. Durch diesen Austausch verbreiten sich nicht nur neuartige effizientere Methoden

⁹³ <http://www.responsiblejewellery.com/> abgerufen am 21.5.2011

⁹⁴ Fairtrade Foundation, 2011.

schneller, ein Austausch gibt zudem Impulse für kreative Ideen. Mit einer möglichen Vergabe eines Materialeffizienzpreis für das Unternehmen, welches den verantwortungsvollsten Umgang mit Rohstoffen aufweist, könnte die ökonomisch und ökologisch positive Wirkung der Materialeffizienzsteigerung weiter in den Fokus der Unternehmen gerückt werden.⁹⁵ Zusätzlich sollten die verarbeitenden Unternehmen dazu angehalten werden, den Gedanken des Recyclings bereits in der Produktion einfließen zu lassen. Endprodukte sollten so konzipiert sein, dass sich eine grösstmögliche Ausschöpfung der verwendeten Metalle nach dem Gebrauch ergibt und der Verlust minimiert werden kann.

Die Schweiz ist im Besitz einer stark differenzierten Hochschullandschaft, die sie sich auch im Bereich der nachhaltigen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien zu Nutzen machen kann. Gerade der anhaltende Trend der Miniaturisierung, welcher Produkte immer kleiner werden lässt, birgt ein hohes Einsparungspotential bei verwendeten Materialien. Durch die Förderung der Entwicklung dieser Forschungsbereiche können Entwicklungen schneller auf den Markt und somit zu Unternehmen gebracht werden. Zudem wäre es möglich, nicht nur den Dialog zwischen den Unternehmen, sondern auch zwischen Unternehmen und Hochschulforschung zu fördern. Die Kombination zwischen Theorie und Praxis scheint erfolgversprechend für Ideen und Gedankenanstösse zu sein. Zu beachten ist zudem, dass jährlich mehrere tausend inn- und ausländische Hochschulabsolventen ihr Studium abschliessen. Ausländische Studierende kehren dabei meist als Fach- und Führungskräfte in ihre Heimatländer zurück und lassen dort ihr erlerntes Wissen einfließen. Da diese massgeblichen Anteil an der internationalen Wissensverbreitung haben, wäre es wünschenswert, wenn in besonders vielen Studiengängen das Thema der nachhaltigen Bewirtschaftung von Rohstoffen im Allgemeinen Einzug nehmen würde. Darüber hinaus wäre es überlegenswert, ob ein spezielles Studienprogramm zu nachhaltigen Bewirtschaftung von Rohstoffen etabliert werden sollte.

Die Schweiz ist - wie auch der Rest der westlichen Nationen - eindeutig der Konsumgesellschaft zuzuordnen oder wie Kritiker verlauten lassen der Wegwerfgesellschaft. Bestätigt wird dies beispielhaft durch den massenhaften Konsum von Elektronikartikeln, wie Mobiltelefonen. Gerade mal 12 - 18 Monate beträgt die aktuelle Lebensdauer eines Handys⁹⁶. Danach verschwindet es meist im Hausbestand des Besitzers. Um die Nachhaltigkeit bei der Bewirtschaftung von seltenen Metallen als Konzept ganzheitlich zu betrachten, muss man sich zwangsweise auch mit Denk- und Handlungsverhalten der Gesellschaft auseinandersetzen. Nach dem Prinzip, eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied, kann sich ohne Veränderung des Konsumverhaltens kei-

⁹⁵ Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Oktober 2010, S.15.

⁹⁶ SWICO. Wissenswertes zum Thema Handy Recycling

ne absolute Nachhaltigkeit ergeben.⁹⁷ Ob das Konsumverhalten generell zu ändern ist und ob dies von verschiedenen Interessengruppen, wie den Unternehmen, die gerade durch dieses Verhalten Gewinne generieren, auch erwünscht ist, ist äusserst fragwürdig. Möglich ist es jedoch nur dann, wenn die Thematik mehr Beachtung geschenkt wird, in den Medien in der Politik, im Alltag. Zudem müssen den Konsumenten Alternativen angeboten werden, um von ihren aktuellen Handeln abzuweichen. Denkbare wäre hier ein Leasingssystem für Elektronikgeräte einzuführen. Der Konsument besitzt das Produkte nicht mehr, sondern least es für eine gewisse Zeit und muss es nach dieser zurückgeben. Dies würde einerseits einen Rückfluss der Materialien in den Rohstoffkreislauf garantieren, andererseits könnte es langfristig auch das Konsumverhalten verändern, so dass eine vermehrte Orientierung nach der Notwendigkeit und nicht nach der reinen Möglichkeit stattfindet.

4.2.2 In Entwicklungsländer und auf internationaler Ebene

Im Bereich der Produktion von Elektro-und Eletronikgeräten und anderen Zukunftstechnologien sollte sich die Schweiz für eine nachhaltigere Nutzung der seltenen Metalle einsetzen und aufzeigen, wie diese Rohstoffe durch weniger problematische Elemente ersetzt werden können. Wenn weniger giftige Substanzen in den Geräten verarbeitet werden und diese dank einer besseren Konzeption einfacher zu aus den alten Geräten wiederzugewinnen sind, würde dies das *e-waste* Problem und die damit verbundenen gesundheitsschädlichen und negativen ökologischen Folgen mindern. Das Recycling von Elektrogeräten und die Rückgewinnung der in ihnen enthaltenen Mineralien wäre viel einfacher, wenn in der Designphase diesem Problem Achtung geschenkt werden würde⁹⁸.

Auch beim Verbrauch sollte ein grösseres Bewusstsein beim Konsumenten geschaffen und ein Umdenken weg von der Wegwerfgesellschaft fördert werden.

⁹⁷ Böni, 2011.

⁹⁸ Osibanjo&Nnorom, 2007, 492

4.3 Lösungsansätze für Recycling und Entsorgung von e-waste

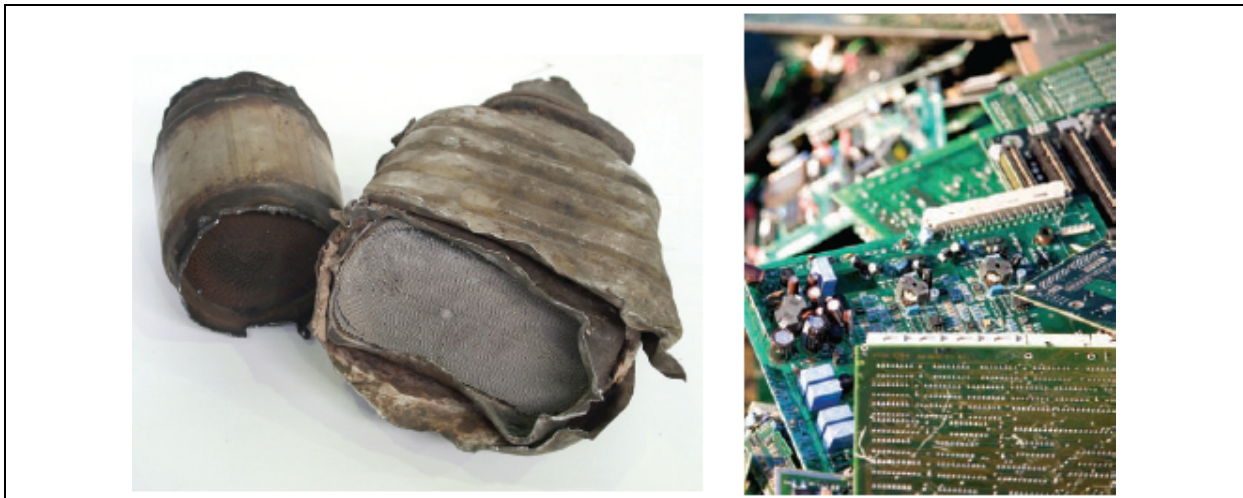


Abbildung 9: Autokatalysator und Leiterplatten, dessen Recycling sich besonders gut für die Wiedergewinnung seltener Metalle eignet (Umicore in UNEP, 2009)

4.3.1 In der Schweiz

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern weist die Schweiz eine hohe Recyclingquote auf, was teilweise auf das vor mehr als 16 Jahren eingeführte Rücknahmesystem für Elektronik- und Elektroaltgeräte zurückzuführen ist. Dennoch ist das Potential der Rückgewinnung durch Recycling laut Böni auch in der Schweiz noch nicht ausgeschöpft⁹⁹. Um eine Erhöhung der Recyclingrate gerade im Kleinallektroelektronikbereich zu erzielen, unter welchen auch Mobiltelefone fallen, ist es nötig, die Bevölkerung für die Entsorgung zu sensibilisieren. Mehrere hunderttausende ausranzierte Handys finden nach ihrem Gebrauch nicht den Weg in den vorgestellten Lebenszyklus zurück, sondern verschwinden in Schubladen, Schränken oder Kämmerchen¹⁰⁰. Gerade einmal 15% der Handys werden nach ihrem Gebrauch entsorgt, im weltweiten Vergleich, mit einer Recyclingrate von gerade mal 3% immens, jedoch mehr als ausbaubar¹⁰¹. Aktionen des SWICO in Zusammenarbeit mit dem EMPA, bei denen nicht nur in Schulen, Vereinen, Betrieben sondern auch in Gemeinden über eine effiziente Handyentsorgung informiert wird, sind zu begrüßen und unterstützenswert¹⁰². Insgesamt übernimmt das EMPA eine herausragende Rolle bei der Wissensgenerierung und Sensibilisierung im Bereich des Recyclings. Eine zukünftige Ausdehnung ihrer Kompetenz scheint aufgrund dessen lohnenswert.

Als Recycling-Weltmeister ergibt sich nur ein bedingtes Verbesserungspotential in der Schweiz selbst, weshalb besonderes Augenmerk auf die internationale Ebene und auf die Entwicklungs-

⁹⁹ Böni, 2011

¹⁰⁰ Böni, 2011

¹⁰¹ SWICO. Wissenswertes zum Thema Handy Recycling

¹⁰² SWICO. Wissenswertes zum Thema Handy Recycling

länder gelegt werden soll, da hier grosses Potential zur Verbesserung besteht. Die Schweiz kann hier nicht nur Wissen vermitteln sondern auch als Vorbild dienen¹⁰³.

4.3.2 Auf internationaler Ebene

Im Bereich des Recycling und der Entsorgung von e-waste gibt es auf der internationalen Ebene bereits existierende Initiativen und Foren, an die sich eine zukünftige Strategie zur nachhaltigen Bewirtschaftung nicht erneuerbarer Ressourcen im Allgemeinen und seltener Metalle im Besonderen anlehnen kann. Auf diese Weise würde das Seco durch sogenanntes knowledge management die Entwicklung von anerkannten best policies, standards and practices unterstützen.

- *Teilnahme in und Unterstützung von StEP (Stop the E-waste Problem)*

StEP ist eine Initiative von verschiedenen UN Organisationen, die seit 2004 das Ziel verfolgen, das e-waste Problem zu lösen. Zusammen mit Mitgliedern aus Industrie, Regierung, internationalen Organisationen, NGOs und Wissenschaft, die aktiv an StEP teilnehmen, werden Ansätze zum nachhaltigen Umgang mit e-waste initiiert und gefördert.¹⁰⁴

Die Strategie des Seco könnte diese etablierte und anerkannte StEP Initiative mit ihren Arbeitsgruppen („task forces“) und Instrumenten wie z.B. Internetforen und Publikationen benutzen, um gewonnene Erfahrungen bei der Verbesserung von Recyclingsystemen zu konsolidieren und zu verbreiten. In der Tat befassen sich die fünf Arbeitsgruppen mit den verschiedenen Säulen, die ein umfangreicher und kohärenter Lösungsansatz haben sollte. Dazu gehören die Teilbereiche Policy, ReDesign, ReUse, ReCycle, und Capacity Building. In allen fünf Arbeitsgruppen werden umsetzbare sozial gerechte und umweltfreundliche Lösungen zum e-waste Problem entwickelt. Dazu gehören Analysen, Planung und Pilotprojekte. Die Schweiz könnte diese Arbeitsgruppen einerseits finanziell unterstützen, aber andererseits auch durch Spezialisten, die ihr Wissen und ihre praktische Erfahrung in diesem Bereich einbringen können.

- *Teilnahme am World Resource Forum (WRF)*

Das World Resource Forum ist eine wissenschaftlich basierte Plattform, um Wissen über die wirtschaftlichen, politischen und ökologischen Folgen des globalen Ressourcenverbrauchs auszutauschen. Das WRF fördert Innovation für Ressourcenproduktivität, indem sie Verbindungen zwischen Forschern, politischen Entscheidungsträgern, Unternehmen, NGOs und der Öffentlichkeit herstellt. Eine Schlüsselveranstaltung ist die halbjährliche Konferenz in Davos.

¹⁰³ Schweizer Fernsehen, 13. April 2011.

¹⁰⁴ <http://www.step-initiative.org/>

Das WRF ist also der ideale Rahmen, um aktuelle Forschungsaktivitäten und Ergebnisse im Bereich des nachhaltigen industriellen Ressourcenmanagements zu präsentieren und diskutieren.

- *WEEE Directive (“waste electrical and electronic equipment”)*

Seit 2002/2003 verpflichtet eine EU Direktive die Mitgliedsstaaten bis 2005 kollektive Rücknahmesysteme aufzubauen.¹⁰⁵ Ein Elektronikschrott-Recycling-System beinhaltet die Pflicht der Hersteller, ihren Elektronikschrott wieder zurückzunehmen und fachgerecht zu entsorgen.

Das WEEE Forum ist ein europäischer Verband aus 39 Elektro- und Elektronik-Schrott Sammel- und Rückgewinnungssystemen. Das Ziel des WEEE Forums ist es eine gemeinsame Plattform für diese producer responsibility Organisationen oder Rücknahmesysteme zur Verfügung zu stellen. Dadurch sollen Ideen gefördert und best practices ausgetauscht werden und gleichzeitig die ökologische Effizienz dank dem sachgemässen Management von Elektro- und Elektronik-Schrott optimiert werden.

Die Schweiz, die auch als nicht-EU-Mitglied an diesem Forum teilnimmt, sollte sich dafür einsetzen, dass Recyclingunternehmen in Zukunft zertifiziert werden, damit sie einen grösseren Anreiz haben, ihre Öko-Effizienz und Transparenz zu erhöhen. Dadurch würde der Druck auf andere Recyclingunternehmen erhöht werden, sich diesem Standard anzupassen.

- *Unterstützung der Erweiterung der Basler Konvention*

Das „Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung“ ist ein internationales Umweltabkommen von 1989 (1992 in Kraft getreten), das ein umweltgerechtes Abfallmanagement eingeführt hat und die Kontrolle der grenzüberschreitenden Transporte gefährlicher Abfälle regelt. Die Basler Konvention verbietet den grenzüberschreitenden Verkehr von gefährlichem Abfall d.h. es dürfen keine gefährlichen Abfälle zur Entsorgung in Entwicklungsländer exportiert werden. Die Unterzeichnerländer verpflichten sich unter anderem, auch Elektronikschrott im Entstehungsland zu recyceln.¹⁰⁶

Bis zum heutigen Zeitpunkt haben 175 Staaten die Basler Konvention ratifiziert. Die USA ist als einzige Industrienation der Vereinbarung nicht beigetreten, was oft kritisiert wird, weil das Land schätzungsweise zwischen 50 und 80 Prozent seines Elektroschrotts in Entwicklungsländer exportiert.¹⁰⁷ Aber auch eine in 2005 durchgeführte Inspektion von 18 europäischen Häfen ergab,

¹⁰⁵ Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte.

¹⁰⁶ www.basel.int

¹⁰⁷ Greenpeace, 2009.

dass ganze 47 Prozent des Abfalls, inklusive e-waste, der exportiert werden sollte, illegal war.¹⁰⁸ Die Basler Konvention hat in diesem Zusammenhang vor allem drei Schwächen: Erstens erlaubt sie den Export von elektronischen Geräten zur Weiterbenutzung. Dagegen wäre nichts einzuwenden, wenn nicht eine hohe Anzahl von Geräten als funktionsfähig deklariert werden, die es nicht sind und auch in den Entwicklungsländern nicht repariert werden können. In diesem Fall handelt es sich um eine Grauzone im Abkommen, die es Industriestaaten ermöglicht, ihren digitalen Müll in Entwicklungsländer wie z.B. Ghana, Indien oder China abzuladen. Zweitens definiert die Basler Konvention den Begriff, ‚gefährlicher Abfall‘ sehr breit und zum Teil unklar, was zu regulatorischen Unklarheiten führt.¹⁰⁹ Drittens legt die Basler Konvention zwar fest, dass der illegale Handel mit gefährlichem Müll kriminell ist, aber es gibt keine Bestimmungen wie dies geltend gemacht werden soll.

Nach Lobbying von den am wenigsten entwickelten Ländern (LDCs), Greenpeace und einigen europäischen Ländern wie u.a. Dänemark wurde 1995 die Konvention um ein Exportverbot gefährlicher Abfälle zur Wiederverwertung, Rückgewinnung, Recycling und Entsorgung von OECD- nach Nicht-OECD-Staaten ergänzt.¹¹⁰ Allerdings ist dieses sogenannte Basel Ban Amendment aufgrund ungenügender Ratifikation noch nicht in Kraft getreten. Angesichts der bis heute herrschenden Blockade, haben die Schweiz und Indonesien eine sogenannte „Country-led Initiative“ gestartet, um in einem informellen Rahmen über die weitere Entwicklung der Basler Konvention zu diskutieren.¹¹¹ Es ist äusserst konstruktiv und lobenswert, dass die Schweiz den offenen Dialog zwischen Staaten mit unterschiedlichen Auffassungen fördert. Dadurch wird eine zusätzliche Gelegenheit geschaffen, um bisher skeptischen Staaten davon zu überzeugen, wie wichtig es ist, dass die grenzüberschreitende Verschiffungen von gefährlichem Abfall (u.a. e-waste) – vor allem in Entwicklungs- und Transformationsländer – nicht zu einem unsachgemässen Management von schädlichem Abfall führt. In diesen Diskussionen geht es darum, Lösungen für die Gründe zu finden, wieso gefährlicher Müll in Länder exportiert wird, die nicht in der Lage sind, diesen sachgemäss zu entsorgen. Ein offensichtlicher Grund sind die in Entwicklungsländern herrschenden niedrigeren Entsorgungskosten, die auf weniger strikte Regulierungen und billige Arbeitskräfte zurückzuführen sind.¹¹² Es sollte aber allen Staaten deutlich gemacht werden, dass dies auf Kosten der Umwelt und der Gesundheit der lokalen Arbeiter geschieht.

¹⁰⁸ Ebd.

¹⁰⁹ Ulrich, 2005, S.3.

¹¹⁰ Ebd. S.5.

¹¹¹ <http://www.basel.int/convention/cli/index.html>

¹¹² Ulrich, 2005, S.30

4.3.3 In den Entwicklungsländern

Die Initiativen und Foren auf der internationalen Ebene sind wichtig, um international geltende Standards zu entwickeln und Mechanismen zu bilden, die bei Verstössen gegen die Prinzipien zur Wahrung der Gesundheit und der Umwelt greifen. Wie wir allerdings gesehen haben, ist das Problem des unsachgemässen Recyclings sowie der Entsorgung in Entwicklungsländern am grössten. Aus diesem Grund, sollte das SECO einen Schwerpunkt auf Entwicklungsländer, um diese beim Umgang mit dem e-waste Problem zu unterstützen. Dabei sollte sehr eng mit der DEZA kooperiert werden, um sich dessen Kompetenzen zunutze zu machen und um sich zu koordinieren, damit es nicht so parallelen und somit zu redundanten Projekten führt.

Wir haben die Lösungsansätze, die die Entwicklungsländern direkt betreffen, in drei Ebenen unterteilt, sprich die institutionelle, operative und individuelle Ebene, welche im Folgenden erläutert werden.

- *institutionelle Ebene*

Auf der institutionellen Ebene könnte das SECO zur Schaffung von gesetzlichen Rahmenbedingungen beitragen, welche das Recycling von e-waste - und somit unter anderem auch von seltenen Mineralien - begünstigen würden.

Besonders wichtig ist es zudem, das bereits erwähnte Prinzip der Extended Producer Responsibility auch in Entwicklungsländern zu verankern, damit sich internationale und lokale Produzenten von Elektro-und Elektronikgeräten nicht ihrer Verantwortung entziehen können.

Darüber hinaus wäre es wichtig, den Schutz des geistigen Eigentums zu verstärken, damit grosse Recyclingfirmen wie z.B. Umicore, welche über die Technologien verfügen, um seltene Metalle aus Leiterplatten zurückzugewinnen, den Schritt wagen in Entwicklungsländern eine Niederlassung zu eröffnen, um das Recycling vor Ort durchzuführen.

Ausserdem könnte das SECO Capacity Building bei den Behörden im Bereich Entsorgung und Recycling fördern. Die Schweiz verfügt über ein gewaltiges Know-How in diesem Bereich und könnte dieses Wissen weitergeben.

- *Operative Ebene*

Auf der operativen Ebene könnte das SECO bei den Recyclingbetrieben ansetzen. Man könnte sich das Ziel setzen, die Öko-Effizienz von bestehenden KMUs zu erhöhen und somit das Konzept der Clean Production Centers auf Recyclingbetriebe übertragen.

Es wäre auch denkbar, dass das SECO eine Spezialisierung der informellen Betrieben auf die ersten und einfacheren Schritten des Recyclings zu unterstützt. Diese Kleinstbetriebe, die oft in Hinterhöfen arbeiten, haben schlicht und einfach nicht die nötige Technologie und das Know-How, um den Grossteil der enthaltenen nicht erneuerbaren Rohstoffe wiederzugewinnen.¹¹³ Tatsächlich sind weltweit nur fünf Recyclinganlagen in der Lage 17 seltene Metalle aus Leiterplatten zurückzugewinnen. Deswegen sollten die kleinen informellen Recyclingbetriebe in den Entwicklungsländern dazu ermuntert werden, die Leiterplatten nicht selber (unsachgemäss!) zu recyceln, sondern diese zu verkaufen. Auf diese Weise könnten die Leiterplatten in spezialisierten Grossbetrieben, wie Umicore, effizient recycelt werden. Aber auch alte Autokatalysatoren sollten wieder an spezialisierte Recyclingunternehmen in Industriestaaten exportiert werden, weil die Wiedergewinnungsrate für seltene Metalle sehr hoch ist (über 90 Prozent).¹¹⁴ Die informellen Kleinrecycler würden durch diese Massnahme ebenfalls profitieren, weil sie durch den Verkauf der Leiterplatten oder Autokatalysatoren mehr Einkommen erzielen würden, weil die seltenen Metalle, die bisher verloren gehen, nun einen Wert haben.

Ein weiterer Ansatzpunkt auf der operativen Ebene wäre der Aufbau von Rücknahmesystemen in Entwicklungsländern, damit Elektrogeräte nicht einfach irgendwo entladen werden, sondern man die Altgeräte recyceln oder sachgemäss entsorgen kann. Solche Rücknahmesysteme sind zudem wichtig, um das logistische Problem zu lösen, wie man alle Leiterplatten aus den vielen Kleinbetrieben zusammenbekommt.

- *Individuelle Ebene*

Schliesslich gibt es auch potenzielle Lösungsansätze auf der Ebene des Individuums bzw. der Bevölkerung.

Das SECO könnte Informationskampagnen in EL unterstützen, um die Bevölkerung über die Gefahren des unsachgemässen Umgangs mit e-waste zu informieren und sie dazu aufzufordern, Leiterplatten zu sammeln und zu verkaufen. Die meisten Arbeiter empfinden die giftigen Dämpfe, die durch das Verbrennen und Herausätzen von Stoffen entstehen als unangenehm, aber viele wissen nicht, wie giftig die verwendeten bzw. freigesetzten Chemikalien wirklich sind.

Um diese Aufklärungsarbeit zu leisten, können wir uns verschiedene Kommunikationskanäle vorstellen. Die offensichtlichste Variante ist die Schulbildung oder die Unterstützung von Informationskampagnen lokaler NGOs oder der EMPA. Da in den meisten Entwicklungsländern vor allem der Gebrauch von Mobiltelefonen weit verbreitet ist, könnte es hilfreich sein einen abruf-

¹¹³ UNEP, 2009, S.XI

¹¹⁴ Ebd. S.V.

baren SMS Service einzurichten (diese Methode hat sich z.B. für das Abrufen des aktuellen Guthabens bereits bewährt). Durch eine Tasteneingabe à la *123* könnten Handybesitzer sich darüber informieren, wo sich in ihrer Nähe Sammelstellen für Altgeräte befinden. Dadurch würde hoffentlich der Anteil von Geräten, der zu Hause rumliegt, anstatt verwertet zu werden, verringert werden. Eine etwas kreativere Lösung wäre es, Botschaften zum Thema Nachhaltigkeit und *e-waste* Recycling z.B. in Fernsehsoaps zu integrieren. Solche Fernsehserien sind oft sehr beliebt und erreichen daher eine breite Masse. Die Hoffnung besteht darin, dass sich die eine oder andere Person mit dem Held der Soap identifiziert und daraufhin im Laufe der Zeit sein eigenes Verhalten verändert.

4.4 Langfristige Vision: Etablierung internationaler Institutionen für ein nachhaltiges Ressourcenmanagement

Grundsätzlich ist es wichtig, die internationale Zusammenarbeit im Bereich des nachhaltigen Ressourcenmanagements zu fördern und mittel- bis langfristig starke internationale Institutionen zu schaffen. Das folgende Schema veranschaulicht die Vision von Bleibtreu und Bringezu darüber, wie die drei Säulen des Global Governance im nachhaltigen Ressourcenmanagement aussehen könnten und welche Aufgaben diese jeweils übernehmen würden. Natürlich gibt es in Realität viele politische Hindernisse aufgrund unterschiedlicher nationaler Interessen, aber langfristig sollte nichtsdestotrotz auf ein solches System hingearbeitet werden.

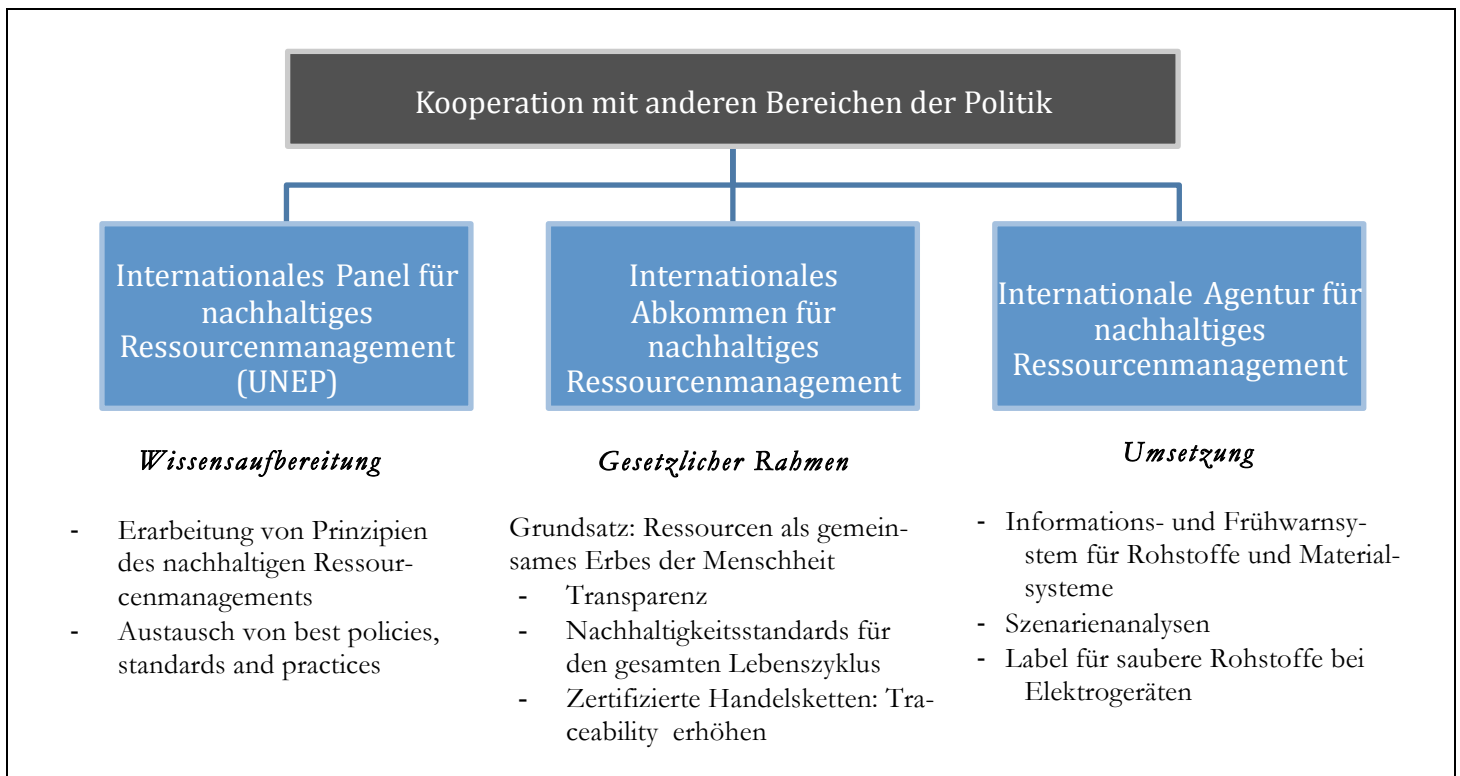


Abbildung 10: Internationale Rahmenbedingungen schaffen (in Anlehnung an Bleibschwitz und Bringezu, 2009)

Die erste Säule, die der Wissensaufbereitung dient, existiert bereits. Ende 2007 wurde unter dem Dach von des United Nations Environment Programm (UNEP) ein Weltressourcenrat (International Panel for Sustainable Resource Management) eingerichtet, das im Wesentlichen die Aufgabe hat Wissensdefizite zu beheben. Dieser Weltressourcenrat bereitet den wissenschaftlichen Sachverstand auf und formuliert Empfehlungen zu folgenden Themenbereichen:

- Umweltbelastungen durch den Ressourcenabbau und –nutzung, wobei die Analyse aus einer aus einer Lebenszyklusperspektive erfolgt
- Strategien und Ansätzen zur Entkopplung der Umweltbelastungen von Produktion und Konsum insbesondere in Wachstumsregionen
- Unterstützung für den Know-how-Aufbau in Entwicklungs- und Schwellenländern

Die zweite Säule besteht aus einem internationales Abkommen, das ein nachhaltiges und friedliches Ressourcenmanagement sowie Prinzipien von Materialeffizienz und Ressourcenschonung etablieren sollte. Weitere Ziele sind die Entkopplung des Wohlstandes von der Ressourcennutzung und ihren Umweltbelastungen sowie die rechtliche Verankerung von Standards für Bergbau, Recycling und Entsorgung. Darüber hinaus sollte ein solches Abkommen die Informationsbasis verbessern und Anreize für Lernprozesse und den verbesserten Zugang zu ressourcenbezogenen Informationen verbindlich regeln.¹¹⁵

Schliesslich ist die Einrichtung einer internationalen Agentur zum nachhaltigen Ressourcenmanagement notwendig, zu deren Aufgaben es gehören würde Informationen zu quantifizieren und zugänglich zu machen und die unterschiedlichen Strategien umzusetzen. Zusammen mit dem internationalen Ressourcenrat und dem dazugehörigen internationalen Abkommen wäre diese Agentur ein drittes Standbein beim Aufbau eines globalen Governance-Systems zum nachhaltigen Ressourcenmanagement.

5 Fazit

Ein „harter Kampf um rare Rohstoffe für Hightechprodukte“¹¹⁶, wie ihn die Welt im Mai dieses Jahres beschrieben hat, findet in der Tat statt. Die erwähnten protektionistische Massnahmen anderer Länder, aber auch die eigene nationale Abhängigkeit zeigen dies anschaulich. Doch muss

¹¹⁵ Bleibschwitz und Bringezu, 2009, S.44.

¹¹⁶ Billand, 2011

diese Situation nicht unbedingt als katastrophal eingeschätzt werden, sondern kann auch als Chance verstanden werden, sich mit der langfristigen Sicherung wertvoller Rohstoffe auseinanderzusetzen. Da seltene Mineralien aufgrund ihrer natürlichen Gegebenheit nicht-erneuerbar sind und ihre Reserven stark begrenzt sind, muss das Augenmerk primär auf einer nachhaltigen Bewirtschaftung von seltenen Mineralien liegen und nicht auf einer reinen Erhöhung der Explorationsrate.

Nachhaltig bedeutet in diesem Kontext jeden einzelnen Schritt im Lebenszyklus von seltenen Mineralien nachhaltig zu gestalten, namentlich den Abbau, die Verarbeitung, die Produktion, den Gebrauch, den weiteren Verbrauch, das Recycling und schliesslich die Entsorgung. Aufgrund der momentanen Ausgestaltung des Lebenszyklus von seltenen Metallen, ergeben sich grosse soziale, ökologische und ökonomische Herausforderungen, die es zu beheben gilt. Zu beachten ist hierbei, dass sich die Probleme, die sich wegen der nicht nachhaltigen Gestaltung des Lebenszyklus ergeben, von Industrie- und Entwicklungsländern stark voneinander unterscheiden. Es ist deshalb weder sinnvoll noch möglich, einen universellen Lösungsansatz zu entwickeln, der für alle Länder gleich gilt. Der Fokus der Lösungsansätze muss jedoch auf die Entwicklungsländer gelegt werden, da diese mit einer besonderen Schwere und Vielseitigkeit von der Problematik betroffen sind. Dies ergibt sich einerseits daraus, dass der Abbau und auch ein Grossteil der schlussendlichen Entsorgung (*e-waste*) in Entwicklungsländern stattfindet, aber auch durch beschränktes technisches Wissen und fehlende monetäre Mittel, die eine nachhaltige Gestaltung bereits von vornherein vereiteln. Auch wenn der Suche nach Lösungsansätzen auf Ebene der Entwicklungsländer vorerst primärer Vorrang eingeräumt werden muss, darf nicht vergessen werden, dass es sich um eine internationale Problematik handelt. Um einen ganzheitlichen Lösungsansatz zu finden und eine nachhaltige Bewirtschaftung von seltenen Mineralien auf allen Ebenen zu garantieren, wird es langfristig ein international anerkanntes System für nachhaltiges Ressourcenmanagement benötigen.

Literaturverzeichnis

- Agenda 21*. (kein Datum). Von Dynamische Reichweite: <http://www.agenda21-treffpunkt.de/daten/Kohle.htm> abgerufen
- Betts, K. (2009) E-waste reuse may be more pervasive than previously thought [elektronische Version]. *Environmental Science & Technology*, 43, 6900-6901.
- Bleibschwitz, R., Bringezu, S. (2009). „Aus dem Fluch einen Segen machen“ in *Politische Ökologie* Juni 09. München: Oekom Verlag.
- Billand, M. (4. Mai 2011). *Welt Online*. Abgerufen am 20. Mai 2011 von Harter Kampf um rare Rohstoffe für Hightechprodukte: <http://www.welt.de/wirtschaft/elektrotechnik/artivle13301547/Harter-Kampf-um-rare-Rohstoffe-fuer-Hightechprodukte.html>
- Böni, H. Interview. (April 2011).
- Buchert, M., Schüler, D., Bleher, D. (2009). Critical metals for future sustainable technologies and their recycling potential. Paris: UNEP & Öko- Institut e.V.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. (kein Datum). Abgerufen am 20. März 2011 von Rohstoffwirtschaft: http://www.bgr.bund.de/cln_160/nn_323576/DE/Themen/Min_rohstoffe/Rohstoffwirtschaft/rohstoffwirtschaft_node.html?_nnn=true
- Bundesrepublik Deutschland: Rohstoffsituation. (November 2010). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- cloudtec - IT-Consulting&Engineering*. (2011). Abgerufen am 10. Mai 2011 von iPhone Verkaufszahlen Schweiz: <Http://www.cloudtec.ch/blog/mobile/iphone-verkaufszahlen-schweiz.html>
- Cuthbertson, R. (2011). The Need for Sustainable Supply Chain Management. In: B. Cetinkaya, R. Cuthbertson, G. Ewer, T. Klaas-Wissing, W. Piotrowicz & C. Tyssen (Hrsg.), *Sustainable Supply Chain Management* (S. 3-13). Berlin: Springer.
- Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. (Oktober 2010). Rohstoffstrategie der Bundesregierung - Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen. Berlin.
- Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung. (21. April 2011). *Forschung*. Abgerufen am 10. Mai 2011 von Umwelt und Nachhaltigkeit - Metalle der seltenen Erde: <http://www.bmbf.de/de/15576.php>
- Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. (Oktober 2010). Rohstoffstrategie der Bundesregierung - Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen. Berlin.
- Environmental Protection and Encouragement Agency [EPEA]. (ohne Datum) Cradle to Cradle. Gefunden am 20. April 2011 unter <http://epea-hamburg.org/index.php?id=69>

- Fairtrade Foundation (14.2.2011). „World’s first Fairtrade and Fairmined certified gold to tackle poverty faced by miners and their families“. Abgerufen am 21.Mai 2011: http://www.fairtrade.org.uk/press_office/press_releases_and_statements/february_2011/worlds_first_fairtrade_and_fairmined_certified_gold_to_tackle_poverty_faced_by_miners_and_their_families.aspx
- Focus online (2009). „seltene Metalle, rare Rohstoffe“ in Focus Online Nr. 41. Gefunden am 27.März 2011 unter http://www.focus.de/finanzen/boerse/aktien/seltene-metalle-rare-rohstoffe_aid_440279.html
- Greenpeace (24.2.2009). „Where does e-waste end up?“ Abgerufen am 20. Mai 2011: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem/where-does-e-waste-end-up/> am.
- Hagelüken, C. & Meskers, C. (2010). Complex Life Cycle of Precious and Special Metals. In: T. Graedel & E. van der Voet (Eds.), *Linkages of Sustainability, Strungmann Forum Report* (pp. 163-197). Cambridge : The MIT Press.
- Hertwich, E. (2005). Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption: A Critical Review. *Environmental Science and Technology*, 39, 4673 – 4684.
- Human Rights Watch. (1. June 2005). *D.R. Congo: Gold Fuels Massive Human Rights Atrocities*. Gefunden am 20. März 2011 unter <http://www.hrw.org/en/news/2005/06/01/dr-congo-gold-fuels-massive-human-rights-atrocities>
- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung [IZT]. (3. April 2009). *Pressemitteilung: Engpässe bei High-Tech-Metallen 2030?* Abgerufen am 2. April 2011 unter <http://www.izt.de/izt-im-ueberblick/presse/pressemitteilungen/article/102/51/>
- Le Bec, C., Ballong, S. (2011). « Un chantier pavé de bonnes intentions » in *Jenne Afrique* Nr.2616. Paris : SIFIJA.
- Miranda, R. (2010). „Bijoux en or, la face obscure d’un scandale“. [Dokumentation]. Genf : TSR.
- Naidoo, B. (2009). Acid mine drainage: single most significant threat to South Africa’s environment. Gefunden am 15. Mai unter <http://www.miningweekly.com/article/in-the-midst-of-a-disaster-2009-05-08>
- Osibanjo, O., Nnorom, I.C. (2007). „The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries“ in *Waste Management & Research* No.25. London: ISWA.
- Oxfam Australia. (ohne Datum). *Mining: Didipio, The Philippines*. Gefunden am 20. März 2011 unter <http://www.oxfam.org.au/explore/mining/our-work-with-communities/didipio-the-philippines>
- Peyer, C. (2011). Wie ein Weltkonzern ein Land ausbeutet: Das Beispiel von Glencore in der DR Kongo. Gefunden am 20. März 2011 unter http://www.rechtaufnahme.ch/fileadmin/media/texte/de/medien/05_Beitrag_Peyer.pdf
- Schmidt, C. (2006). Unfair Trade: e-waste in Africa [elektronische Version]. *Environmental Health Perspectives*, 114, 232-235.

- Schweizer Fernsehen.* (13. April 2011). Abgerufen am 5. Mai 2011 von Recycling- Weltmeister will noch besser werden:
<http://www.tagesschau.sf.tv/Nachrichten/Archiv/2011/04/13/Schweiz/Recycling-Weltmeister-Schweiz-will-noch-besser-werden>
- Sepúlveda et al. (2010). „A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipment during recycling: Examples from China and India” in *Environmental Impact Assessment Review* No. 30. Amsterdam: Elsevier.
- Sinha-Khettrival, D., Krauchi, P., Schwaninger, M. (2005). A comparison of electronic waste recycling in Switzerland and in India [elektronische Version]. *Environmental Assessment Review*, 25, 492-504.
- statista.* (Januar 2011). Abgerufen am 15. Mai 2011 von Anzahl der weltweit verkauften Mobiltelefoneim Jahr 2010 nach Hersteller (in Millionen Stück):
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/12708/umfrage/weltweiter-absatz-der-mobiltelefon-anbieter/>
- SWICO.* Abgerufen am 5. Mai 2011 von Wissenswertes zum Thema Handy Recycling:
http://www.swicorecycling.ch/d/information_handydays_wissenswertes.asp
- tagesschau.de.* (November 2010). Abgerufen am 20. Mai 2011 von China will seltene Metalle noch seltener machen: <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/rohstoff102.html>
- T-Online Börse.* (10. Februar 2010). Abgerufen am 15. Mai 2011 von Reuters/Jeffries CRB Index:
http://wirtschaft.t-online.de/reuters-jeffries-crb-index/id_13271754/index
- Umweltbundesamt. (März 2007). Seltene Metalle - Massnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung am Beispiel Coltan. Dessau.
- Wagner, M. et al. (2007). *Zertifizierte Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe.* Hannover : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).
- Wägner, P., Lang, D. (November 2010). Seltene Metalle: Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Zürich: SATW: Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften.
- Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. (1987). *Unsere gemeinsame Zukunft.* Brudtland-Kommission.
- Williams, E., Kahhat, R., Allenby, B., Kavazanjian, E., Kim, J. & Xu, M. (2008). Environmental, social, and economic implications of Global Reuse and Recycling of Personal Computers. *Environmental Science & Technology*, 42, 6446 – 6454.