

Teil 2: Materialien für die Unterrichtsgestaltung

Die folgenden Materialien dienen der mehrperspektivischen Erarbeitung der in den Sachinformationen geschilderten Problemlage. Die Materialien sind nach Einstiegsphase (Problemaufriss) und der eigentlichen Erarbeitung zur Förderung der Bewertungskompetenz differenziert.

Materialien für die Gestaltung der Einstiegsphase:

M1: Pressemitteilungen: Diebstahl von Kupferkabeln

(Ad) Wie uns mitgeteilt wurde, wurde in der Zeit von Donnerstag, 27.03.2014 bis Freitag, 28.03.2014, auf der Großbaustelle eines künftigen Möbelhauses in Pforzheim, unmittelbar an der BAB 8 (Ausfahrt Pforzheim-Nord) gelegen, ein unter Starkstrom stehendes Kabel entwendet. Die Täter gingen mit hohem technischen Wissen und Werkzeug vor. Es ist davon auszugehen, dass das Kabel bereits entmantelt und in kleinere Teilstücke zerlegt wurde. Das entwendete Kabel von insgesamt 130 m Länge wird schätzungsweise ca. 800 - 1000 kg wiegen. Bei dem Kabel handelt es sich um ein 6-poliges Starkstromkabel. Der Kabeldurchmesser beträgt 50 mm. Jeder einzelne Draht hat eine Stärke von 12 mm. Die Materialbezeichnung lautet Kupfer-Milberry-Draht. Die Polizei bittet um Ihre Mithilfe.

M2: Pressemitteilungen:

Kupferklau nimmt zu
Metalldiebe legen Bahnverkehr lahm
Für acht Stunden war die wichtigste Bahnstrecke Norddeutschlands lahmgelegt - weil Metalldiebe Kabel von Strommasten und Signalanlagen gestohlen hatten.

Seltene Erden
Hightech-Metalle aus schmutzigen Minen
Viele Hightechprodukte kommen nicht ohne die Metalle aus, die Chemiker im 19. Jahrhundert "Seltene Erden" genannt haben. Inzwischen suchen Forscher nach Alternativen und Recyclingtechniken.

Europa exportiert gefährlichen Müll
Elektroschrott vergiftet Ghana

**Chinesisches Monopol bei Seltenen Erden:
Risiko für die Hochtechnologie**

M3: Agbogbloshie – Endstation für den Elektroschrott



(Bildquelle:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Agbogbloshie_q.jpg)

Agbogbloshie, die einstige Korle-Lagune in der Millionenmetropole Accra, ist heute von wabernden Rauchschwaden aus giftigen Gasen überzogen. Im Volksmund heißt dieser lebensfeindliche Ort Sodom und Gomorrha. Ursache dieser Veränderung ist der Elektroschrott der westlichen Wohlstandsgesellschaft. Jährlich werden allein in Agbogbloshie über 150 000 Tonnen an ausrangierten Fernsehern, Laptops, Handys, aber auch Kühlschränken, Mikrowellen usw. auf der weltweit größten Müllkippe entsorgt - alles deklariert als funktionsfähige *second hand* Ware, denn der Export von Müll in Länder, die nicht über entsprechende Recyclinganlagen verfügen, ist nach dem Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung von 1989 verboten. Doch die Kontrolle fehlt vielfach bzw. ist unzureichend.

Bei genauerer Betrachtung der Waren ist nur ein kleiner Teil der Elektronikprodukte funktionsfähig. Diese werden verkauft. Der weitaus größere Anteil ist Elektroschrott, aus dem unter unmenschlichen Bedingungen versucht wird, die darin enthaltenen Wertstoffe freizulegen. Dafür werden die Geräte auseinander geschraubt oder einfach zertrümmert; Platinen, Kabelmaterial usw. werden sortiert, die Kunststoffteile werden meist verbrannt, wobei die Metalle und Metalloxide übrig bleiben und aus der Asche gekratzt werden. Diese Arbeit wird überwiegend von Jugendlichen, teilweise auch von Kindern durchgeführt; Arbeitszeiten von bis zu 12 Stunden sind dabei keine Seltenheit, Tag für Tag, ohne Wochenende und Anspruch auf Urlaub oder Sozialversicherungsleistungen.

Die Arbeit ist gefährlich und kann zu massiven Gesundheitsschädigungen führen. Besonders das unkontrollierte Verbrennen von Kabelummantelungen aus PVC-haltigen Kunststoffen setzt Dioxine, Furane, Chlorwasserstoff, Blausäure und aromatischen Verbindungen wie Benzol oder Phenol frei. Beim Zertrümmern von Röhrenmonitoren können zudem Stäube von Schwermetallverbindungen inhaliert werden (Bleioxide, Cadmiumoxide, Zinkoxide). Als Folgen treten in Agbogbloshie folgende Erkrankungen bis zu 50 Mal häufiger auf als im ländlichen Raum: Schädigungen der Nieren und der Atmungsorgane (Asthma und Lungenkrebs), Entwicklungsstörungen bei Kindern, Schädigungen des Nervensystems, Leukämie. Die Krankheiten betreffen besonders Kinder: Viele von ihnen erreichen noch nicht einmal das 20. Lebensjahr.

Doch nicht nur die dort arbeitenden Menschen laufen Gefahr zu erkranken, massive Schädigungen der Umwelt sind weitere Folgen der primitiven Recyclingverfahren. In einer Studie von Greenpeace aus dem Jahre 2008 konnten im Boden Konzentrationen von Schwermetallverbindungen von Kupfer, Blei, Zinn, Zink und Cadmium gemessen werden, die um den Faktor 50 bis 100 höher waren als die in der EU geltenden Grenzwerte, von den gravierenden Luftverschmutzungen ganz zu schweigen. Dieser Verschmutzungsgrad war Grund genug, dass das Blacksmith Institute Agbogbloshie 2013 unter die Top 10 der am meisten verseuchten Orte der Welt eingestuft hat.

Arbeitsaufträge zu den Materialien 1 und 2:

1. Stellt das gemeinsame Problem der Materialien heraus und recherchiert weitere (ähnliche) Beispiele, in denen das von euch formulierte Problem auch eine Rolle spielt.
2. Notiert offene Fragen, die ihr im Zusammenhang mit den Beispielen klären wollt.

Materialien für die mehrperspektivische Betrachtung des Themas:

Die nachfolgenden Materialien dienen der Analyse der Problemlagen aus verschiedenen Blickwinkeln. Das Material 4 fokussiert auf wirtschaftliche und politische Aspekte, denn rund um die ausgedienten Elektrogeräte hat sich ein komplexes System ineinandergreifender Wirtschaftsbereiche herausgebildet, das für zahlreiche Menschen eine Erwerbsgrundlage bildet – zumindest mit höheren Löhnen als durch Ackerbau und Viehzucht. Material 5 legt den Schwerpunkt auf die Zusammensetzung von Elektroaltgeräten und deren Anteile real und potenziell recyclingfähiger Inhaltsstoffe. Material 6 beschreibt ein Verfahren, wie hierzulande Elektroschrott unter kontrollierten und ökologisch verträglichen Bedingungen aufbereitet werden können. Mittlerweile gibt es mehrere dieser Anlagen, u.a. auch in Hanau. Diese Materialien mit chemischem bzw. auch mathematischem Schwerpunkt bereiten die experimentelle Bearbeitung des Themas vor.

M4: Elektroschrott als Erwerbsgrundlage

Agbogbloshie ist mittlerweile ein Slum mit hoher Kriminalitätsrate und vielen Menschen, die unterhalb der Armutsgrenze leben. Nach einer Studie des Freiburger Öko-Instituts (Seum & Hermann 2010) ist in Agbogbloshie ein großer Teil der dort lebenden Menschen von den Einnahmen aus der Verarbeitung von Elektroschrott abhängig. Dieser Beschäftigungsbereich gliedert sich in mehrere Bereiche: Die „Schrottsammler“ sammeln, prüfen und verkaufen die Elektronikgeräte (funktionsfähige und defekte); die „Instandsetzer“ schlachten die Geräte aus, reparieren sie ggf. und verkaufen sie. Die „Recycler“ gewinnen die Metalle u.a. durch Verbrennen der Kunststoffanteile. Die erhaltenen Metalle und Metalloxide werden an Händler verkauft.

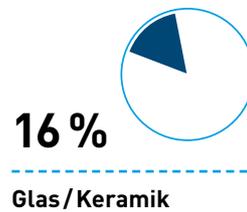
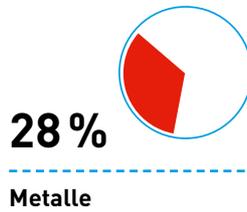
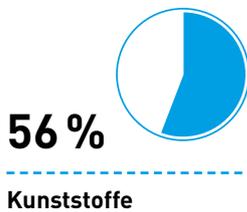
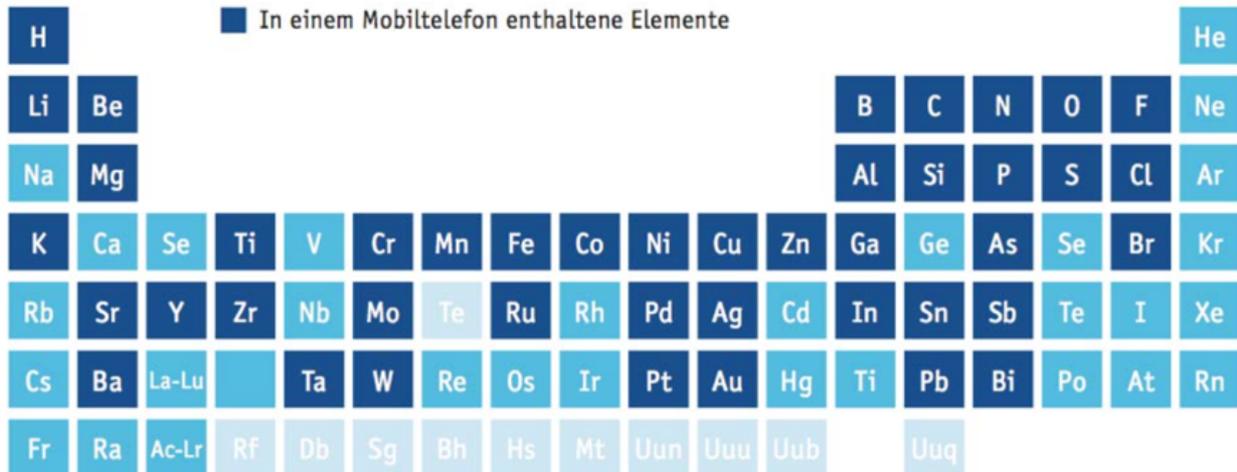
In Accra bzw. dem zugehörigen Stadtteil Agbogbloshie arbeiten etwa 6000 „Schrottsammler“ und 15000 „Instandsetzer“ bzw. „Recycler“, gut die Hälfte aller Menschen, die in diesem Stadtteil bzw. dessen Umgebung leben, sind im Elektroschrott-Geschäft. Die Müllsammler verdienen dabei mit etwa 100 US \$ monatlich im Vergleich zu den „Instandhaltern“ und „Recyclern“ (jeweils etwa 200 US \$) deutlich weniger. Generell liegen diese Einkommen unterhalb der Armutsgrenze, weshalb die Arbeit überwiegend von Kindern und Jugendlichen durchgeführt wird, um in der Summe das Einkommen der Familie zu sichern.

Die meisten Arbeitsplätze in diesem Bereich sind nicht angemeldet und gehören somit zum informellen Sektor (Schwarzarbeit). Nach Hochrechnungen des Öko-Instituts belaufen sich die Einnahmen rund um die Verarbeitung von Elektroschrott in Ghana auf etwa 100 bis 250 Millionen US \$, jedoch kann dieser Betrag nicht zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) gezählt werden.

M5: Was ist drin im Handy bzw. im Notebook?

Nahezu jeder Jugendliche in Deutschland über 12 Jahren hat derzeit ein Handy, davon sind über 70 % Smartphones. Auch Laptops sind weit verbreitet. Etwa 80 % der Jugendlichen haben im Durchschnitt einen eigenen Laptop bzw. Computer (MPFS 2013). Nach Angaben von Statista wurden in Deutschland 2013 mehr als 25 Millionen neue Handys gekauft, davon alleine über 21 Millionen Smartphones. Die alten Modelle verschwinden größtenteils ganz einfach in der Schublade. Mittlerweile schlummern rund **86 Millionen** gebrauchte Handys ungenutzt in deutschen Haushalten (Stand 2014, Nordmann et al. 2014). Die Bestandteile eines normalen Handys könnten dabei bis zu 80 % recycelt werden. Somit liegt ein nicht unerheblicher Schatz an Wertstoffen in den Schubladen unserer Haushalte. Der Materialwert dieser aussortierten Handys wird auf über 80 Millionen Euro geschätzt (Kammholz 2011, Hagelüken 2009, Reller et al. 2009). Die Rückgabequoten von Handys sind wie die von vielen anderen ausrangierten Elektronikgeräten sehr gering. So wurden im Jahr 2012 in Deutschland knapp 785.000 Tonnen Elektroaltgeräte gesammelt, von denen der überwiegende Teil aus privaten Haushalten stammte (circa 720.000 Tonnen). Umgerechnet auf jeden Einwohner in Deutschland entspricht dies eine Masse von 8,9 Kilogramm pro Einwohner und Jahr. Die Bedeutung von Handys bzw. von ausgedienten Elektronikartikeln als Wertstoffquelle und allgemein der Städte als Rohstoffmine – dem *urban mining* – wird bisher un-

terschätzt, gewinnt aber in Zeiten knapper werdender Ressourcen zunehmend an Bedeutung. Die folgende Übersicht gibt Hinweise zu den in Handys enthaltenen Wertstoffen. Ein Handy enthält im Schnitt (Nordmann et al. 2014):



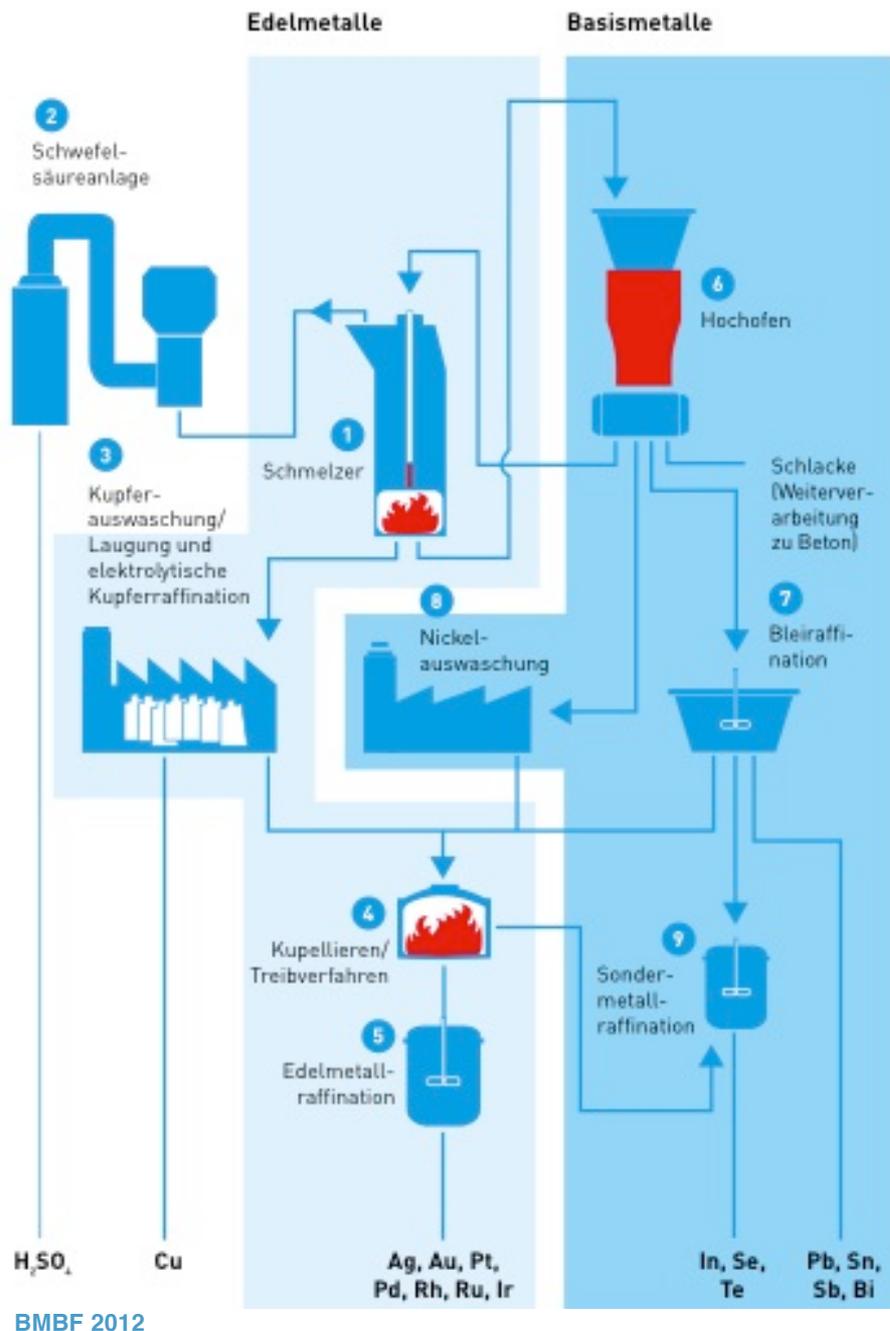
Element	Massenanteil [%]	Element	Massenanteil [%]
Kupfer (Cu)	15	Silber (Ag)	~ 0,5
Silicium (Si)	8 (Handy) 15 (Smartphone)	Gold (Au)	~ 0,1
Aluminium (Al)	~ 6	Beryllium (Be)	0,016
Cobalt (Co)	4	Tantal (Ta)	0,004
Lithium (Li)	3,5	Platin (Pt)	0,004
Eisen (Fe)	3	Indium (In)	0,002
		Gallium (Ga)	0,0013

Aufgaben:

1. Recherchiere, die Verwendung der Metalle in einem Handy. Zu empfehlen ist die Homepage www.die-rohstoff-expedition.de
2. Berechne die in den rund 86 Millionen Althandys enthaltenen Massen an Wertstoffen. Gehe dabei von einer durchschnittlichen Masse von 85 g pro Handy aus.
3. Die meisten Tageszeitungen berichten auf ihrer Börsenseite regelmäßig über die Preisentwicklung bei Edelmetallen und Nichteisenmetallen. Ermittle die aktuellen Wertstoffpreise und berechne, welcher Wert sich hinter den Althandys in Deutschland verbirgt. Recherchiere ggf. auch im Internet unter www.onvista.de.

M6: Industrielles Recycling von Handys – die Umicore Metallhütte in Hoboken

Die in Handys und anderen elektronischen Bauteilen wie Leiterplatten enthaltenen Metalle lassen sich in verschiedenen metallurgischen Verfahren zurückgewinnen. Eine der derzeit modernsten Recyclinganlagen ist die Umicore Metallhütte in Hoboken bei Antwerpen. In dieser Anlage werden die Geräte geschreddert und auf ihre Zusammensetzung hin analysiert, bevor sie in einen Hochofen gegeben werden ①. Die Kunststoffteile verbrennen und liefern die Wärmeenergie für den weiteren Verwertungsprozess (thermische Verwertung). Durch das dabei entstehende Kohlenstoffmonoxid werden Metalloxide (vorwiegend Kupferoxide sowie Beimischungen der Oxide von Gallium oder Thallium) reduziert. Diese Metalle bilden eine Legierung, in der auch Edelmetalle wie Silber, Gold und Platin enthalten sind. Die unedlen Metalle wie Eisen, Aluminium, Zinn oder Blei reagieren im Hochofen zu Oxiden und bilden zusammen mit Glas und keramischen Bestandteilen eine Schlacke, die auf der flüssigen Metalllegierung aus edleren Metallen schwimmt. Die edlen Metalle können aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichte von der Schlacke abgetrennt werden (Abstich).



Die Schlacke wird in einem weiteren Hochofen erneut erhitzt, wobei Blei, Zinn und andere Nichteisenmetalle abgetrennt und Sondermetalle (Indium, Selen, Tellur) zurückgewonnen werden ⑥. Diese Metalle werden raffiniert, d.h. sie werden meist durch Elektrolyse aufgereinigt (⑦ bis ⑨).

Auf die gleiche Weise verfährt man mit den Stücken der edlen Metalle, die eine Legierung aus Kupfer mit geringen Anteilen anderer Edelmetalle sind (Garkupfer). Das Garkupfer wird zu Platten geformt, die in eine Kupfersalzlösung getaucht und als Pluspol geschaltet werden. Durch Anlegen einer geringen Spannung geben die Kupfer-Atome in der Rohkupferelektrode Elektronen ab und werden zu Cu^{2+} -Ionen oxidiert. An einer Reinkupferplatte scheiden sich diese Ionen als Cu-Atome ab, wodurch hochreines Kupfer entsteht ③.

Die Edelmetalle fallen beim Auflösen der Rohkupferelektrode und nach zu Boden (Anodenschlamm) und werden in derselben Art und Weise – aber mit einer jeweils anderen Spannung – ebenfalls raffiniert (④bis ⑤). Die so gewonnenen hochreinen Metalle werden von der Industrie wieder für die Herstellung von z. B. neuen Handys verwendet.

Aus 300.000 Tonnen Handys und Computerteilen konnten 2011 in dieser Anlage etwa 1.000 Tonnen Silber, 30 Tonnen Gold, 37 Tonnen Platin, 65.000 Tonnen Kupfer, Blei und Nickel sowie 3.500 Tonnen weiterer Metalle (Zinn, Selen, Tellur, Indium, Antimon, Bismut, Arsen) recycelt werden. Insgesamt ließen sich also etwa 70.000 Tonnen an Werkmetallen aus 300.000 Tonnen Elektroschrott zurückgewinnen.

Aufgabe:

Beschreibe, worin sich das hier beschriebene Verfahren von dem Elektroschrott-Recycling in Material 2 unterscheidet. Wo siehst du Optimierungsmöglichkeiten?

Übergreifende Aufgaben für die mehrperspektivische Erarbeitung des Themas:

1. Nimm Stellung zu der Aussage, ob gebrauchte Elektrogeräte weiterhin in Entwicklungs- und Schwellenländer exportiert werden sollten, um diese dort zu recyceln. Begründe deine Ansicht, indem du die verschiedenen Perspektiven und Interessen gegeneinander abwägt.
2. Was sollten/können deiner Ansicht nach Gesetzgeber, die Hersteller von Handys, aber auch du als Verbraucher tun, um dem Problem des Mülltourismus von Elektroschrott zu begegnen?
3. Informiere dich über das Projekt e-waste-Africa und beurteile, ob und inwiefern dies ein Lösungsansatz für das Elektroschrott-Problem sein kann.
4. Das Recycling von Elektroschrott ist ein Beispiel für das *urban mining*. Informiere dich über diesen Begriff und suche weitere Beispiele, in denen dies bereits praktiziert wird. Begründe, warum das *urban mining* sowohl unter ökologischen, ökonomischen Gründen als auch politisch zunehmend von Bedeutung ist.

Weitere Hinweise und Medien für die Behandlung des Themas im Unterricht:

Blutige Handys - Der schmutzige Handel mit Coltan für unsere Handys

http://www.planet-schule.de/sf/php/02_sen01.php?sendung=8553 (Abgerufen: 16.04.2014)

Der Film zeigt, unter welchen Bedingungen im Ostkongo Coltanerz gewonnen wird. Dieser Film eignet sich für den Problemaufriss und den Einstieg ins Thema.

Lebenszyklus eines Handys und dessen ökologischer Rucksack

<http://www.izmf.de/de/content/lebenszyklus-eines-handys-und-„ökologischer-rucksack“> (Abgerufen: 18.04.2014)

Der Film erläutert den „ökologischen Rucksack“ eines Handys und den Wert der darin enthaltenen Materialien. Zudem gibt er Hinweise für die richtige Entsorgung und das Recycling von Altgeräten.

Hintergrundinformationen zur Elektroschrott-Problematik

<http://germanwatch.org/de/download/3858.pdf> (Abgerufen: 18.04.2014)