

Foliensatz 1 – Weiterbildung für Lehrende.

Diese Folie dient als Übersicht über die vorliegenden Materialien.

- Es gibt ein Word-Dokument "Unterrichtsreihe" mit Sachanalyse, Rahmung des Unterrichts und Unterrichtsvorschlägen, sowie Materialanhang
- Der erste Foliensatz ist die Einführung in das Programm ProgRess (Foliensatz I)
- In dieser Präsentation ist die Sachanalyse als Weiterbildung aufgearbeitet (Foliensatz II).
- Foliensatz III enthält die Rahmung des Unterrichts und Foliensatz IV die Unterrichtsvorschläge.
- In der Sachanalyse sowie in der dazugehörigen Unterrichtsreihe werden die Ressourcenanforderungen diskutiert, die für die Produktion eines Handys bzw. Smartphones eingesetzt werden.
- In den Unterrichtsvorschlägen werden Lehrmaterialien vorgestellt, die für den Unterricht eingesetzt werden können. Die Lehrmaterialien liegen dann auch für den Ausdruck vor.



Impressum zu der Unterrichtseinheit.



- Diese und die folgenden Folien dienen als Einstieg und liefern eine Einordnung des Themas in ProgRess II, (dem politischen Programm der Bundesregierung für die Ressourceneffizienz).
- Mit dem Programm ProgRess soll Wirtschaft und Gesellschaft auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden und ressourceneffizienten Lebens- und Wirtschaftsweise geführt werden unter Beachtung der Nachhaltigkeit.

Textquelle: BMUB 2016

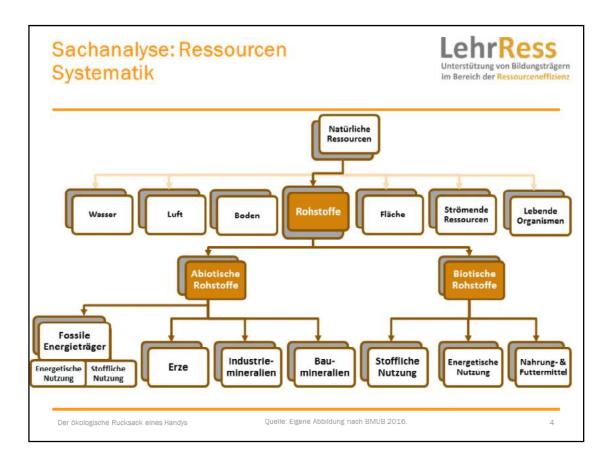
Grundlage für eine Strategie der Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz ist das ProgRess-Programm der Bundesregierung. Das Thema Ressourceneffizienz ist in den letzten Jahren sowohl in Deutschland als auch auf der Ebene der Europäischen Union immer mehr in den Fokus der politischen Diskussion gerückt. Es gewinnt auch international zunehmend an Bedeutung. So haben sich 2015 unter deutschem Vorsitz auch die Mitgliedstaaten der G7 des Themas angenommen, um über Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz zu beraten. Dazu wurde unter anderem die Gründung einer G7-Allianz für Ressourceneffizienz zum freiwilligen Wissensaustausch und zur Netzwerkbildung beschlossen. Die Bundesregierung stellt sich in diesem Zusammenhang ihrer Verantwortung. Bereits 2002 hat die sie in ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel verankert, Deutschlands Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln. 2012 folgte das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess), das dazu beitragen soll, dieses Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen. Dabei soll der Fokus des Programms aber nicht nur auf der Steigerung der Effizienz liegen, sondern auch darstellen, inwieweit der Einsatz von Rohstoffen, zum Beispiel in Umwelttechnologien, vielfach auch natürliche Ressourcen schützt. Die Bundesregierung hat mit ProgRess beschlossen, alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten, die Fortschritte zu bewerten und das Ressourceneffizienzprogramm fortzuentwickeln. Mit ProgRess II liegt nun der erste dieser Fortschrittsberichte vor. ProgRess hat bislang die Steigerung der Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette bei der Nutzung abiotischer und biotischer Rohstoffe betrachtet, nicht aber die damit verbundenen Aspekte der Energieeffizienz. Beide Bereiche, Materialeffizienz und Energieeffizienz, sind aber eng miteinander verflochten. Mit ProgRess II sollen deshalb, wo dies sinnvoll ist, verstärkt Energie- und Materialströme gemeinsam betrachtet werden, so dass sie sich gegenseitig unterstützen können. ProgRess II basiert weiter auf den vier Leitideen von ProgRess I:

- Ökologische Notwendigkeiten mit ökonomischen Chancen, Innovationsorientierung und sozialer Verantwortung verbinden
- Globale Verantwortung als zentrale Orientierung unserer nationalen Ressourcenpolitik sehen
- Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland schrittweise von Primärrohstoffen unabhängiger machen, die Kreislaufwirtschaft weiterentwickeln und ausbauen
- · Nachhaltige Ressourcennutzung durch gesellschaftliche Orientierung auf qualitatives Wachstum langfristig sichern.

Um diese Leitideen umzusetzen, werden die Indikatoren und Ziele zur Ressourcenschonung aus der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie um weitere Indikatoren und Ziele ergänzt und Gestaltungsansätze aufgezeigt, um die Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verbessern. Es geht darum, eine nachhaltige Rohstoffversorgung zu sichern, Ressourceneffizienz in der Produktion zu steigern, Produkte und Konsum ressourcenschonender zu gestalten und eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft auszubauen. Dafür werden Maßnahmen für ressourcenrelevante Handlungsfelder wie Bauen, nachhaltige Stadtentwicklung und Informations- und Kommunikationstechnik in die Wege geleitet sowie übergreifende rechtliche, ökonomische und informatorische Instrumente genutzt.

Quelle (Text und Abbildung)

BMUB 2016: Progress II. Online: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf



- ProgRess hat eine eigene Ressourcensystematik.
- Zu den natürlichen Ressourcen gehören Wasser, Luft, Boden, Rohstoffe, Fläche, Strömende Ressourcen (Luft, Sonnenlicht, bewegtes Wasser) sowie lebende Organismen.
- Rohstoffe wiederum werden unterschieden in biotische, also erneuerbare, natürlich vorkommende Stoffe tierischer oder pflanzlicher Herkunft, z. B. Produkte aus der Land- oder Forstwirtschaft, einerseits und nicht-biotische oder abiotische Rohstoffen wie fossile Energieträger (Erdöl, Kohle) oder Erze, Industrie- und Baumineralien, andererseits.

Quelle:

 BMUB 2016: ProgRess II – Das deutsche Programm für Ressourceneffizienz. Online: http://www.bmub.bund.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourceneffizienzprogramm/progress-ii/

ProgRess II umfasst 10 Handlungsfelder



Handlungsfeld 1 - Nachhaltige Rohstoffversorgun	ng sichern
---	------------

Handlungsfeld 2 - Ressourceneffizienz in der Produktion steigern

Handlungsfeld 3 - Produkte und Konsum ressourcenschonender gestalten

Handlungsfeld 4 - Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft ausbauen

Handlungsfeld 5 - Nachhaltiges Bauen und nachhaltige

Stadtentwicklung

Handlungsfeld 6 - Ressourceneffiziente Informations- und

Kommunikationstechnik

Handlungsfeld 7 - Übergreifende Instrumente (u.a. BilRess und LehrRess)

Handlungsfeld 8 - Synergie zu anderen Politikfeldern erschließen und

Zielkonflikte abbauen

Handlungsfeld 9 - Ressourceneffizienzpolitik auf kommunaler und

regionaler Ebene unterstützen

Handlungsfeld 10 - Ressourcenpolitik auf international und EU-Ebene stärken

Der ökologische Rucksack eines Handys

5

- ProgRess umfasst 10 Handlungsfelder die auf der Folie aufgeführt werden. In jedem der Handlungsfelder gibt es verschiedene Gestaltungsaspekte.
- Die Weiterbildung und die dazugehörige Unterrichtseinheit "Der ökologische Rucksack deines Handys" – die hier vorgestellt wird – gehört in das Handlungsfeld 6 – Ressourceneffiziente Informations- und Kommunikationstechnik.

Quelle

- BMUB 2016: ProgRess I. Online: http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/deutschesressourceneffizienzprogramm-progress/
- BMUB 2012: ProgRess II. Online: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf

Handlungsfelder und Gestaltungsaspekte



Handlungsfeld 6 - Ressourceneffiziente Informations- und Kommunikationstechnik

- 6.1 Ressourceneffizienz der IKT-Produkte verbessern
- 6.2 Mit effizienter Software die Ressourceninanspruchnahme der IKT verringern
- 6.3 Ressourceneffiziente IKT-Produkte und Dienstleistungen bevorzugt beschaffen
- 6.4 Ressourceneffizientere Rechenzentren schaffen

Der ökologische Rucksack eines Handys

6

- Die Handlungsfelder von ProgRess sind mit verschiedenen Gestaltungsaspekten unterlegt, die auf der Folie dargestellt werden.
- Innerhalb des sechsten Handlungsfeldes unter dem Gestaltungsaspekt 6.1 Ressourceneffizienz der IKT-Produkte verbessern" ist LehrRess angesiedelt mit den Produkten, die in dieser Präsentation vorgestellt werden.

Quelle

 BMUB 2016: Progress II. Online: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf

Übersicht der Materialien



1. Word-Dokument

- Sachanalyse
- Rahmung der Unterrichtsreihe
- Unterrichtsvorschläge (inkl. Arbeitsblätter und Materialanhang)

2. PowerPoint-Präsentation

- Foliensatz I Sachanalyse (Weiterbildung für Lehrende)
- Foliensatz II Rahmung der Unterrichtsreihe (Weiterbildung für Lehrende)
- Foliensatz III Unterrichtsvorschläge (Folien für den Unterricht)

Der ökologische Rucksack eines Handys

7

Diese Folie dient als Übersicht über die vorliegenden Materialien.

- Es gibt ein Word-Dokument "Unterrichtsreihe" mit Sachanalyse, Rahmung des Unterrichts und Unterrichtsvorschlägen, sowie Materialanhang
- Der erste Foliensatz ist die Einführung in das Programm ProgRess (Foliensatz I)
- In dieser Präsentation ist die Sachanalyse als Weiterbildung aufgearbeitet (Foliensatz II).
- Foliensatz III enthält die Rahmung des Unterrichts und Foliensatz IV die Unterrichtsvorschläge.
- In der Sachanalyse sowie in der dazugehörigen Unterrichtsreihe werden die Ressourcenanforderungen diskutiert, die für die Produktion eines Handys bzw. Smartphones eingesetzt werden.
- In den Unterrichtsvorschlägen werden Lehrmaterialien vorgestellt, die für den Unterricht eingesetzt werden können. Die Lehrmaterialien liegen dann auch für den Ausdruck vor.



Foliensatz II – Weiterbildung für Lehrende

Inhalt der Präsentation Sachanalyse



Themenbeschreibung

- · Problembeschreibung: Ressourcenbedarf
- · Zusammensetzung eines Smartphones Bauteile
- Zusammensetzung eines Smartphones Stoffe (Elemente)
- · Rohstoffbedarf für Smartphones
- · Lebenszyklus von Metallen
- Der Ökologische Rucksack das Konzept
- · Exemplarisch: die Produktion von Kupfer, Aluminium, Glas und Kunststoff
- Der ökologische Rucksack des ganzen Smartphones/Handys

Handlungsoptionen

- · Reduce
- Reuse
- Repair
- Recycle

Der ökologische Rucksack eines Handys

9

Diese Folie zeigt den Inhalt dieser Weiterbildung.



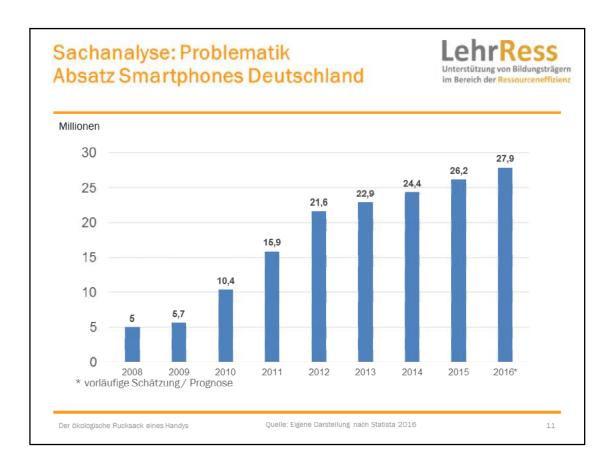
- Die Digitalisierung im Alltag ist ein Megatrend der kontrovers diskutiert wird, aber schon heute nahezu alle menschlichen Lebensbereiche durchdringt.
- In der Übersicht wird anhand von einigen Beispielen verdeutlicht, wie weit die Digitalisierung des täglichen Lebens bereits fortgeschritten ist und wie weitreichend die nur wenigen dargestellten Lebensbereiche von digitalen Medienmöglichkeiten durchdrungen werden: Die Kommunikation, insbesondere bei Jugendlichen, ist vom digitalen Miteinander stark beeinflusst, Reiseplanung und auch das Entdecken ferner Örtlichkeiten ist auf digitalem Wege möglich. Selbst die Lebensbereiche des Lernens und der Organisation des eigenen Lebens sind von digitalen Angeboten bestimmt. Mediennutzung und auch die Schaffung von Material für Medien sind schon lange digital dominiert.
- Neben der Digitalisierung wird auch die Ressourceneffizienz als einer der großen Megatrends des 21. Jahrhunderts bezeichnet. Praktische Ressourcenknappheit, steigende Ressourcenkosten und nachhaltig ausgerichtetes Wirtschaften sind die Gründe für eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema Ressourceneffizienz. Hierbei geht es nicht nur um eine ressourcenschonende Produktion, sondern auch um möglichst ressourcenschonende Lebenszyklen und Wiederverwertung. Eine große Herausforderung dabei ist bisher, dass Informationen zur Ressourceneffizienz den Verbrauchern in der Regel kaum zugänglich sind.
- John Naisbitt, der den Begriff "Megatrend" geprägt hat beschreibt Megatrends folgendermaßen: ..."diese großen gesellschaftlichen, ökonomischen, politischen und technologischen Veränderungen entfalten sich langsam und üben - wenn sie erst mal wirksam geworden sind - dann ihren Einfluss eine Zeitlang auf uns aus: zwischen sieben und zehn Jahren oder länger. Sie sind an Umfang und Intensität das, was ein Jahrzehnt an Veränderung leisten kann." (Naisbitt, 1982)

Ouelle

• John Naisbitt: Megatrends - 10 Perspektiven, die unser Leben verändern werden.

Bildquellen

Eigene Aufnahmen (ScreenShots)



Die Abbildung zeigt den Absatz von Smartphones in Deutschland 2008 bis 2016 in Mio. Smartphones können durchaus vier Jahre genutzt werden – nach einer Studie des Umweltbundesamtes kaufen jedoch 42% der befragten Nutzer/-innen alle zwei Jahre oder häufiger ein neues Smartphone. Nach Bitkom nutzten in 2014/2015 6 von 10 Bundesbürgern ab 14 Jahre (63%) ein Smartphone. In der Unterrichtsklasse wird vermutlich ein Wert von 100% vorliegen. Der Bestand an Smartphones – nicht an Handys – dürfte aufgrund der Lebensdauer in Deutschland weit über die 100 Millionen bis hin zu 150 Millionen Geräte liegen (Eigene Abschätzung nach Heise, Bitkom und Statista).

Information zur Nutzungsdauer:

- Heise Online (2014): Obsoleszenz-Studie: Smartphones und TVs als Modeartikel. http://www.heise.de/newsticker/meldung/Obsoleszenz-Studie-Smartphones-und-TVs-als-Modeartikel-2468179.html
- Bitkom (2015): 44 Millionen Deutsche nutzen ein Smartphone. Online: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/44-Millionen-Deutsche-nutzen-ein-Smartphone.html

Quelle

 Eigene Darstellung nach Statista 2016: Absatz von Smartphones. Online: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77637/umfrage/absatzmenge-fuer-smartphones-in-deutschland-seit-2008/



Die Folie dient der Illustration der Frage nach den Bauteilen im Handy, für den Fall, dass die Geräte der Schüler nicht herangezogen werden sollen.

- Der/die Dozent/-in stellt die Frage:
- Welches sind die Bauteile eines Smartphones?
- Sie/er sammelt die Ergebnisse und notiert sie bei Bedarf an der Tafel. Die Bauteile eines Smartphones werden auf der nächsten Folie aufgeführt.

Bildquellen:

- Links iPhone, World Super Cars, Wikipedia, online: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43505849
- Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:IPhone3GS Logicboard.jpg
- Rechts Logicbaord iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Apple-A6#/media/File:S5L8960-SoC-Apple-A6.JPG

Sachanalyse: Materialien im Handy Bauteile im Smartphone



- Frontcase
- Display
- Display-Rückseite
- Gehäuse
- Blitzlicht
- Antenne
- Mainboard (Logicboard)



- Front- und Rückkamera
- Lautsprecher-Einheit
- I/O-Eingang
- Kopfhörer-Eingang
- SIM-Lock
- Batterie
- Buttons / Schalter





Der ökologische Rucksack eines Handys

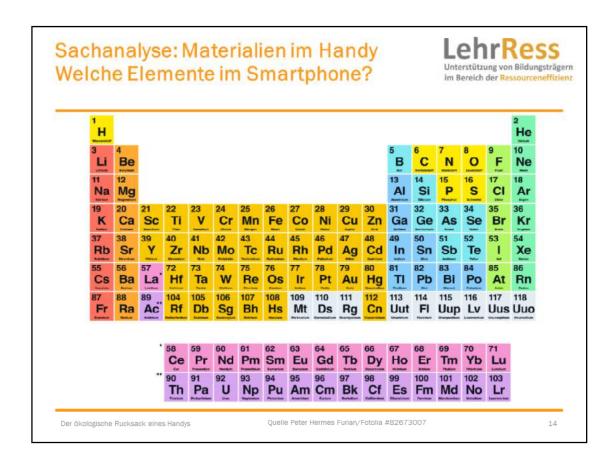
Quelle: Links iPhone, World Super Cars, Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Rechts Logicbaord iPhone, Jojhnjoy

13

- Die Folien listet die wichtigsten Bauteile eines Smartphones auf. Die Graphiken sind illustrativ.
- Der nächste Schritt ist die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung eines Smartphones.
- Der/die Dozent/-in blendet die n\u00e4chste Folien ein und fragt:
- Welche Stoffe sind einem Smartphone?
- Ziel ist es, von den Produkten und den Materialien hin zu den Stoffen bzw. Elementen zu kommen.

Bildquellen

- Links geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia
 https://de.wikipedia.org/wiki/IPhone#/media/File:IPhone Frontpanel.jpeg;
- Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:IPhone3GS_Logicboard.jpg
- Rechts Logicbaord iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Apple-A6#/media/File:S5L8960-SoC-Apple-A6.JPG



Die Folie dient der Illustration der Frage nach den Elementen, die im Handy aufzufinden sind.

- Diese Folie sollte der/die Dozent/-in als Handout für sich ausdrucken.
- Ziel ist es, dass die Lernenden verstehen, dass unsere heutigen technischen (Elektro-)Produkte äußerst komplex sind. Wir sehen die Kunststoffe – die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und häufig Sauerstoff (teilweise Stickstoff) bestehen, die Metallbauteile (Aluminium, Stahl) sowie Gläser (Calcium-Natrium-Siliziumoxide). Vor allem in der Elektronik verbergen sich viele Elemente des Periodensystems.
- Der/die Dozent/-in stellt die Fragen:
- Welche Elemente vermuten Sie sind im Handy enthalten?
- Wie viele der etwas über 80 stabilen Elemente vermuten Sie sind im Handy enthalten?
- Sie/er notiert die genannten Elemente auf seinem Ausdruck.

Bildquelle (mit eigener Bearbeitung):

• Fotolia (o.J.): Periodensytem der Elemente. Datei: #82673007 | Urheber: Peter Hermes Furian. Online: https://de.fotolia.com/id/82673007



Die Folie dient der Illustration der Frage nach den Elementen in einem Handy.

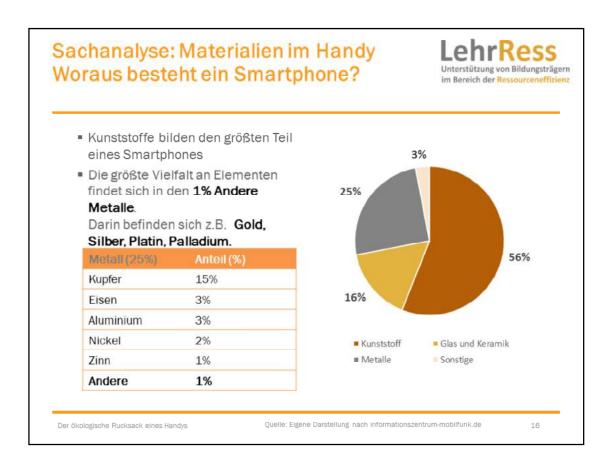
- Diese Folie sollte der/die Dozent/-in als Handout für sich ausdrucken.
- Ziel ist es, dass die Lernenden verstehen, dass unsere heutigen technischen (Elektro-)Produkte äußerst komplex sind. Wir sehen die Kunststoffe – die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und häufig Sauerstoff (teilweise Stickstoff) bestehen, die Metallbauteile (Aluminium, Stahl) sowie Gläser (Calcium-Natrium-Siliziumoxide). Vor allem in der Elektronik verbergen sich viele Elemente des Periodensystems.
- Der/die Dozent/-in stellt die Fragen:
- Welche Elemente vermuten Sie sind im Handy enthalten?
- Wie viele der etwas über 80 stabilen Elemente vermuten Sie sind im Handy enthalten?
- Sie/er notiert die genannten Elemente auf seinem Ausdruck.

Bildquelle (mit eigener Bearbeitung):

• Fotolia (o.J.): Periodensytem der Elemente. Datei: #82673007 | Urheber: Peter Hermes Furian. Online: https://de.fotolia.com/id/82673007

Quellen für Elemente in einem Handy

- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag.
- Informationszentrum Mobilfunk o.J: Lebenszyklus eines Handys. Online: http://informationszentrum-mobilfunk.de/lebenszyklus-eines-handys-und-oekologischer-rucksack#header
- Merkel, W. (2012): Wie das kratzfeste Smartphone-Display entsteht. Online. https://www.welt.de/wissenschaft/article107911368/Wie-das-kratzfeste-Smartphone-Displayentsteht.html.
- Statista (div. Jahre): Zusammensetzung von Smartphones. Online: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164028/umfrage/bestandteile-eines-mobiltelefons-nach-materialien/
- Hagelücken, C. (2011): "Recycling von Handys Kreislaufwirtschaft der Edel- und Sondermetalle."
 Umicore, Hanau. Zit. nach Wuppertalinstitut 2013.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf



Die Folie zeigt die stoffliche Zusammensetzung eines Smartphones. Wie zu sehen ist, sind es vor allem Kunststoffe, Gläser und Metalle. Besonders wichtig ist die Metallvielfalt, die zusammen nur ein Prozent des Gewichts ausmacht. Dies wird in der nächsten Folien vertieft.

Quelle

• informationszentrum-mobilfunk.de (Stand November 2015): Woraus besteht ein Smartphone. Online: http://informationszentrum-mobilfunk.de/rohstoffe-im-handy-die-inneren-werte-zaehlen#header

Sachanalyse: Materialien im Handy Ausgewählte Metalle, Smartphone



Element	GewAnteil%	Verwendung	
Kupfer	10-15%	Leiterplatte, Verbindungen, Kontakte (Legierungen)	
Silizium	10-15%	Mikrochips, Glas, auch als Kunststoff (Silikone)	
Aluminium	4-9%	Rahmen, Abdeckungen, Befestigungen (Gehause für Batterien: Ant bis 20%)	
Kobalt	~ 4%	Elektroden der Lithium-Ionen-Batterie	
Lithium	3 - 4%	Elektrolyt in der Lithium-Ionen-Batterie	
Eisen	~ 3%	Federn, Schrauben	
Silber	0,16%	Leitfähige Kleber, Kontaktbahnen der Platine	
Gold	0,024%	Beschichtung der Kontakte und Steckverbindungen	
Palladium	0,005%	elektrische Kontakte und Kondensatoren	
Tantal	~ 0,004%	Mikrokondensatoren	
Platin	< 0.001%	Hochbelastete Kontakte auf der Leiterplatte	
Indium	~ 0,002%	Touchscreen (durchsichtige Leiterbahnen)	
Gallium	~ 0.0013%	Elektronik (optische-elektrische Signalumwandlung)	

Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle: Eigene Darstellung nach Nordmann u.a. 2015

17

Die Tabelle stellt ausgewählte Metalle in einem Smartphone vor. Sie zeigt, dass viele Elemente nur in sehr, sehr geringen Mengen vorkommen.

Der/die Dozent/-in kann die folgende Frage stellen:

• Welches sind hierbei die teuren Metalle?

Die Antworten wären Silber, Gold, Palladium, Platin, Tantal, Indium und Gallium.

Dann kann die nächste Frage gestellt werden:

Wie schätzt ihr die Möglichkeit zum Recycling ein?

Angesichts der sehr geringen Mengen ist ein Recycling schwierig, aber nicht unmöglich. In der Natur sind die Konzentrationen der zuvor genannten Stoffe in vergleichbarer Größe vorhanden.

Hinweis für den/die Dozent/-in:

Wesentlich für ein Recycling ist, dass zum einen die großen Stoffmengen wie Gehäuse, Glas oder Batterie entfernt werden und die Bauteile, welche die teuren Rohstoffe enthalten, konzentriert werden. Dann vereinfacht sich das Recycling durch metallurgische Prozesse.

Quelle für Elemente in einem Handy

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag.

Sachanalyse: Materialien im Handy Mengen weltweiter Verbrauch



	je Handy (Stück) in mg	je Smartphone (Stück) in mg	Gesamt in Smartphones (Verkauf 2015, in t)	Gesamtpreis 2016 Smartphones
Gold	24	30	43	1.600 Mio.€
Silber	250	305	436	230 Mio.€
Platin	< 0,9	< 1,1	1,6	46 Mio.€
Palladium	9	11	13	7,7 Mio.€
Indium	1,8	2,2	3,1	1,3 Mio.€
Tantal	3,6	4,4	6,3	0,72€
Cobalt	4,4	5,2	7,4	0,20€

Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle: Statista 2015

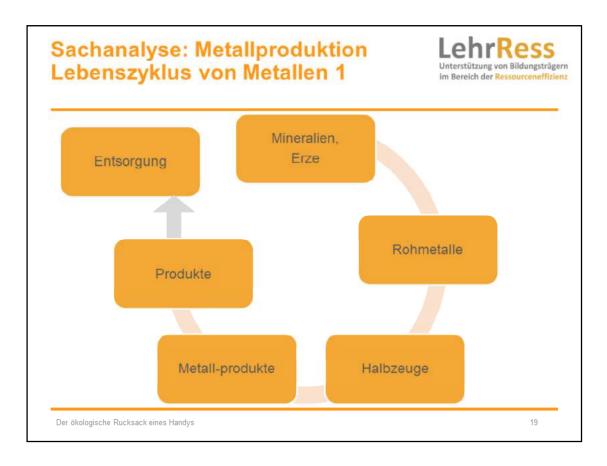
1.8

Die Tabelle zeigt, wie sich die geringen Mengen in den Smartphones zu großen Mengen summieren,

- In einem herkömmlichen Handy sind ca. 250 Milligramm Silber, 24 Milligramm Gold und 9
 Milligramm Palladium enthalten.
- Für Smartphones geht man von höheren Werten aus. Schätzungen zufolge enthält ein Gerät mit einem Gewicht von 110 Gramm ca. 305 Milligramm Silber, 30 Milligramm Gold und 11 Milligramm Palladium.
- Hochgerechnet auf den von Statista ermittelten Absatz von 1,43 Mrd Smartphones (nicht Handys) weltweit, ergeben sich somit Rohstoffbedarfe von 436 t Silber, 43 t Gold und 13 t Palladium im Jahr 2015.
- Preislich besonders relevant sind die Werte für Gold und Silber mit 31 bzw. 4,5 Millionen Euro sowie für Platin mit 0,9 Millionen.
- Diese Zahlen zeigen auch, dass ein Recycling insbesondere dieser werthaltigen Stoffe besonders wichtig ist.

Quellen

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012, online unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.finanzen.net/rohstoffe/ bzw. http://www.boerse.de/rohstoffpreise

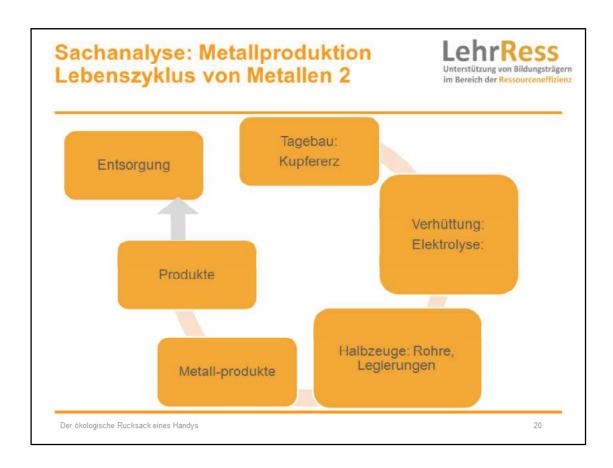


In diesen Schritt sollen die Lernenden verstehen, dass alle Materialien eine Herstellungsphase durchlaufen, die mit den Rohmaterialien beginnt. Die Grafik wird in den folgenden Schritten erweitert und dient dazu den Schüler und Schülerinnen verständlich zu machen, warum der Einsatz natürlicher Ressourcen weit über das hinaus geht, was man im allgemeinen bedenkt. Die Prozessschritte zur Herstellung von Produkten sind:

- Mineralien und Erze: Der erste Schritt ist die Gewinnung von Mineralien (v.a. Metalloxide, carbonate, -sulfide) und Erzen (v.a. Metalle) mittels Bergbau.
- Rohmetalle: Anschließend erfolgt die Verhüttung der Mineralien und Erze zur Herstellung der Rohmetalle.
- **Halbzeuge:** Im dritten Schritt erfolgt die Herstellung der Halbzeuge wie z.B. von Rohren, Platten oder Bändern.
- **Metallprodukte:** Aus den Halbzeugen werden über sehr unterschiedliche Prozesse und Verfahren die Metallprodukte hergestellt. Beispiele sind standardisierte Produkte wie Schrauben, Drähte oder Klemmen, aber auch spezielle Produkte z.B. wie Metallrahmen für Smartphones.
- Produktherstellung: Der letzte Schritt ist die Herstellung der Produkte (Smartphone).
- Entsorgung: Nach der Nutzung fallen die Produkte als Abfälle an und werden der Entsorgung zugeführt.

Hinweis für den / die Dozenten/-in

- 1. Zunächst werden nur die einzelnen Schritte angerissen,
- 2. dann beispielhaft an einem Element (hier Kupfer, nächste Folie) erläutert
- 3. auf der nächsten Folien erfolgt der Hinweis, dass alle Prozessschritte Energie und Ressourcen benötigen und mit Emissionen und Abfällen verbunden sind
- 4. Um dann die Idee des ökologischen Rucksacks vorzustellen.



Mit dieser Folie soll der Lebenszyklus beispielhaft für Kupfer aufgezeigt werden. Die Prozessschritte zur Herstellung von Produkten sind:

- 1. Tagebau: Für die Kupfergewinnung wird Kupferkies (Erz) abgebaut. Es enthält ca. 30 % Kupfer.
- 2. Verhüttung: Um Kupfer aus dem Erz zu isolieren, wird Kupferkies im Ofen zusammen mit Koks (Kohlenstoff) geröstet. Die Eisenoxide werden als Schlacke abgetrennt. Als Produkt entsteht Kupferstein (CU₂S). Im nächsten Schritt wird Kupferstein im Ofen geschmolzen und mit Luft verblasen. Dabei entsteht Kupferoxid, welches sich mit dem Kupferstein zu Rohkupfer umsetzt. Rohkupfer enthält ca. 2 % andere Metalle, wie Eisen und Zink, aber auch Gold oder Silber. Um reines Kupfer zu erhalten, folgt eine Elektrolyse. Während alle anderen Metalle in Lösung gehen und als Anodenschlamm ausfallen, scheidet sich an der Kathode das reine Kupfer in Form von Kupferplatten ab.
- **3. Halbzeuge**: Die Kupferplatten werden mit Walzverfahren in die Form der Halbzeuge gebracht. Häufige Formen sind Barren, Platten, Stangen, Rohre oder Drähte (in Drahtziehereien). An dieser Stelle werden auch Legierungsverfahren genutzt, d.h. das Kupfer wird mit anderen Metallen zusammengeschmolzen um z.B. Messinglegierungen zu erhalten.
- **4. Metallprodukte**: Die Halbzeuge werden weiterverarbeitet zu Metallprodukten. Aus den Drähten werden z.B. Litzen (dünne ummantelte Bündel von Einzeldrähten) hergestellt. Aus Flachstangen können durch Schneiden und Pressen z.B. Formwerkstücke wie Klemmen produziert werden. In diesem Prozessschritt werden auch durch vielfältige Schritte die elektrischen und elektronischen Bauteile hergestellt, die Kupfer enthalten (integrierte Schaltkreise, Leiterplatten, Antennen, Sensoren etc.).
- **5. Produkte**: Im nächsten Schritt werden die Metallprodukte in ein Produkt eingebaut oder zu einem Produkt zusammengebaut.
- **6. Entsorgung**: Der letzte Schritt im Lebenszyklus ist die Entsorgung. Handys und Smartphones gehören in den Elektroschrott, der aufgrund gesetzlicher Regelungen nicht deponiert werden darf, sondern recycelt werden muss.

Weiterführende Literatur

 Universität Bayreuth: Kupfer - Industrielle Reindarstellung, Eigenschaften und Verwendung. Online: http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/kupfer/kupfer.htm



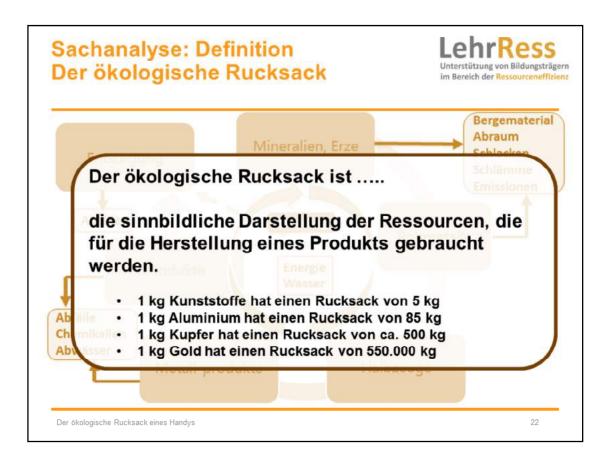
Mit dieser Folie sollen aufgezeigt werden, dass jeder Prozessschritt nicht nur Energie und Ressourcen benötigt, sondern dass auch Abfälle entstehen, die entsorgt werden müssen.

Gemeinsam ist allen Schritten, dass ein hoher Aufwand an Energie notwendig ist. Energie wird zumeist aus fossilen Rohstoffen gewonnen.

- 1. Mineralien und Erze: Beim Bergbau fallen Bergematerialien an (Gesteine), sowohl im Tagebau als auch im eigentlichen Bergbau. Diese Bergematerialien werden deponiert und sind damit der Witterung ausgesetzt. Das Auswaschen von giftigen Metallsalzen kann zur Gewässer- und Grundwasserbelastung führen. Ebenso führt die Verwitterung dazu, dass Stäube in die Umgebung verweht werden, die hohe Konzentrationen (gesundheitsschädlicher) Metalle und deren Verbindungen enthalten.
- 2. Rohmetalle: Alle Metalle liegen meist als Salze oder Oxide vor, nur die Edelmetalle sind rein (metallisch). Vor allem Reduktionen (Oxide) oder Oxidationen (Sulfide) sind notwendige Schritte zur Herstellung der Rohmetalle. Hierbei entstehen Emissionen oder Schlacken im größten Umfang. Zumeist gibt es Technologien um diese Verfahren umweltfreundlich zu gestalten, aber diese werden häufig aus Kostengründen und aus Gewinnstreben zu Lasten der Umwelt und der Bevölkerung in vielen Ländern nicht eingesetzt. Ein bekanntes Beispiel ist Russland (Nickelherstellung bei Norilsk). Vielfach werden auch elektrolytische Verfahren eingesetzt, bei denen dann Schlämme mit hoher Metallbelastung entstehen. Gemeinsam ist allen Verhüttungsprozessen, dass ein hoher Input an Energie und Wasser notwendig ist.
- 3. Halbzeuge: Alle Formverfahren benötigen Energie zum Umformen. Wärme wird meist über das Verbrennen fossiler Rohstoffe erzeugt, hierbei fallen Emissionen an. Wasser als Kühlmittel ist ein zentraler Bestandteil der Prozesse wobei auch eine Wasserverschmutzung anfällt, wenn Kühlwasser mit Schmierstoffen oder Hilfsmitteln der Halbzeugherstellung in Kontakt kommt.
- 4. Metallprodukte: Die Herstellung von Metallprodukten ist fast immer ein komplexes Verfahren. Energie, Wasser und Chemikalien werden bei allen komplexen Metallprodukten verwendet. Beispielsweise werden Leiterplatten in diversen Ätz- mit anschließenden Reinigungsverfahren hergestellt.
- 5. Produkte: Bei der Verwendung von Metallprodukten fallen vor allem Produktreste an. Diverse Verfahren, die auf der dauerhaften Verbindung von Bauteilen setzen, nutzen Hilfsstoffe wie Kleber oder Lötmaterialien, deren Verwendung gleichfalls Abfälle erzeugt.
- 6. Entsorgung: Die Entsorgung in Verbindung mit dem Recycling führt dazu, dass viele Rohstoffe wiedergewonnen werden. Bei hochkomplexen Produkten ist dieses stoffliche Recycling problematisch, es werden zumeist nur die Massenwerkstoffe wiedergewonnen (Kupfer, Aluminium, Stahl, Kunststoffe). Kunststofffraktionen werden häufig "thermisch verwertet", also verbrannt.

Weiterführende Informationen.

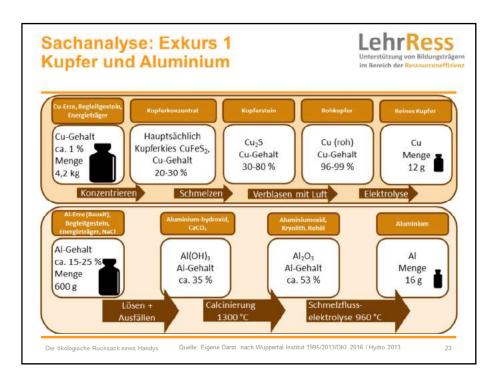
• Süddeutsche Zeitung (2010): Tödliche Ortschaften – Die Liste der zehn am stärksten verschmutzten Ortschaften. Online: http://www.sueddeutsche.de/panorama/umweltverschmutzung-toedliche-ortschaften-1.235014



- Der ökologische Rucksack ist die sinnbildliche Darstellung der Menge an Ressourcen, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes benötigt werden, welche ökologischen Folgen also damit einhergehen. Je größer der ökologische Rucksack ist, desto mehr Natur wird für ein Produkt verbraucht. Das Modell geht zurück auf Friedrich Schmidt-Bleek, der es 1994 im Rahmen der Überlegungen zum Material-Input pro Serviceeinheit (MIPS) erstmals veröffentlichte.
- Alternative Konzept sind der ökologische Fußabdruck und das virtuelle Wasser. In der Umweltpolitik wird das Konzept nicht mehr verwendet, hier sind Indikatoren wie KRA Kumulierter Ressourcenaufwand etabliert. Der Unterschied der von MIPS und KRA liegt in der Berechnung der Umweltwirkungen, wobei der KRA meist auf Daten von Ökobilanzen zurückgreift und deshalb genauer ist. Die Intention von MIPS lag darin, eine Leistung zu bemessen, also z.B. das Telefonieren. Hierzu war es aber notwendig das Handy zu bilanzieren um dann auf z.B. eine Gesprächsminute umzurechnen.
- Sowohl für MIPS als auch für andere Konzepte gilt, dass die eigentlichen Umweltwirkungen wie die Gewässerbelastung oder Artenschwund oder Gesundheitsgefährdungen nicht abgebildet werden können, da das Ergebnis des Rucksacks eine Zahl ist, die angibt wie viele stoffliche Ressourcen – Rohstoffe, Wasser oder, Energierohstoffe gebraucht werden.
- Für die Umweltbildung ist der ökologische Rucksack jedoch sehr gut geeignet. Eine Zahl verdeutlich den "Verbrauch" an Ressourcen.
- Zudem gibt es diverse Online-Rechner für den ökologischen Rucksack, so dass die Lernenden am Smartphone ihren Rucksack berechnen können (siehe Ergänzungsfolien).

Weiterführende Informationen

- Nabu: Ökologischen Rucksack berechnen. Online: https://www.nabu.de/umwelt-undressourcen/oekologisch-leben/alltagsprodukte/oekologischerrucksack.html
- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal-Institut o.J.: Wie viele Rohstoffe verbrauchen Sie? Online: http://ressourcen-rechner.de/
- Informationszentrum Mobilfunk o.J.: Lebenszyklus eines Handys und ökologischer Rucksack. Online: http://informationszentrum-mobilfunk.de/lebenszyklus-eines-handys-und-oekologischer-rucksack#header



Die Folie erläutert den ökologischen Rucksack für die Herstellung der Metalle Kupfer und Aluminium. Sie kann bei ausreichender Zeit optional eingesetzt werden. Die dargestellten Mengen in der Folie beziehen sich nur auf die abiotischen Rohmaterialien, d.h. mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger (Kohle, Öl, etc.), nicht verwertete Rohförderung (Abraum, etc.) und bewegte Erde (Aushub von Erde und Sediment). Die Folie berücksichtigt nur die Metallherstellung, nicht die Herstellung der Halbzeuge, der Metallprodukte und der Produkte. Die Mengen an Kupfer und Aluminium sind nur als grobe Richtwerte zu verstehen, da sie von Handy zu Handy und von Typ zu Versionsnummer immer variieren.

Für die Gewinnung von Kupfer wird Kupferkies (Erz) abgebaut. Die Erzgehalte liegen zwischen 0,5 und 1% (Deutsches Kupferinstitut, 2016), d.h. 1 kg Kupfererz enthält nur 10 g Kupfer, Deshalb wird das Erz gemahlen und mit Flotationsverfahren konzentriert. Der Kupfergehalt der Konzentrate liegt dann bei 20 bis 30 % (Deutsches Kupferinstitut, 2016). Anschließend erfolgt ein Schmelzen zu Kupfergestein (30-80 % Kupfergehalt, Deutsches Kupferinstitut, 2016), Die Eisenoxide werden als Schlacke abgetrennt und Kupferstein im Ofen mit Luft verblasen. Dabei entsteht Kupferoxid, welches sich mit dem Kupferstein zu Rohkupfer umsetzt. Rohkupfer enthält ca. 4 % (Deutsches Kupferinstitut, 2016) andere Metalle, wie Eisen und Zink, aber auch Gold oder Silber. Um reines Kupfer zu erhalten, folgt als letzter Schritt eine Elektrolyse. Während alle anderen Metalle in Lösung gehen und zu Anodenschlamm werden, scheidet sich an der Kathode das reine Kupfer ab. Für die Menge des im Handy enthalten Kupfers werden 4,2 kg Material (d.h. verschiedene Kupfererze, darunter Kupferkies, Begleitgestein und fossile Energieträger) verbraucht.

In Handys/Smartphones stecken je nach Modell ca. 16 g reines Aluminium. Die Gewinnung des Aluminiums ist mit sehr hohen Temperaturen und damit einem sehr hohen Energiebedarf verbunden. Der Ausgangsstoff für Aluminium ist Bauxit. Es enthält verschiedene Mineralien, u.a.: Hydrargillit (Al(OH)3), Böhmit (AlO(OH)), Hämatit (Fe2O3) und Goethit FeO(OH), Kaolinit und Anatas. Der Aluminiumgehalt beträgt ca. 15-25 % (Hydro, 2013). Um Aluminium zu isolieren, wird Bauxit unter Druck mit Natronlauge (NaOH), welche aus Natriumchlorid (NaCl) gewonnen wird, versetzt. Dabei geht Aluminium als Aluminat-Ion (Al(OH)4-) in Lösung und wird danach als Hydroxid (Al(OH)3) wieder ausgefällt. Der Al-Gehalt beträgt ca. 35 % (Berechnung über die molare Masse). Im nächsten Schritt wird Al(OH)3 im Ofen bei 1300° C zu Aluminiumoxid (Al2O3) calciniert. Dabei wird Branntkalk (CaO) zugesetzt, der aus Kalkstein (CaCO3) gewonnen wird (Wuppertal Institut, 1995). Der Al-Gehalt beträgt ca. 53 % (Berechnung über die molare Masse). Nach Zugabe von Kryolith (Schmelzpunkt 1100°C) bildet sich mit Aluminiumhydroxid (Schm.p. 2045°C) ein Eutektikum, welches bei 960°C schmilzt. Bei dieser Temperatur wird die Schmelzflusselektrolyse durchgeführt und das reine Aluminium gewonnen. Der Elektrolyt ist dabei die heiße Salzschmelze. Als Anode dient Graphit. Die Graphitanode wird aus einer Mischung auf kalzinierten Petrolkoks und Steinkohlenteerpech hergestellt. Petrolkoks entsteht im Raffinationsprozess von Rohöl (Wuppertal Institut, 1995). Während Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid oxidiert, wird das Aluminium im Al2O3 zum reinen Aluminium reduziert. Für die Menge des im Handy enthalten Aluminiums werden ca. 600 g Material (d.h. verschiedene Aluminiumerze, wie Bauxit, Begleitgestein und fossile Energieträger) verbraucht. Je nach Herstellungsland variieren die Mengen für fossile Energieträger, da Aluminium in Ländern mit einem hohen Wasserkraft-Anteil hergestellt werden. Fossile Energieträger fallen jedoch immer an z.B. für Transportleistungen oder für die Bereitstellung von Prozesswärme.

In die Berechnung des ökologischen Rucksacks fließen fünf verschiedene Kategorien mit ein, deren Inputs sind nachfolgend aufgelistet (Wuppertal Institut, 2013):

I. Abiotische Rohmaterialien:

Mineralische Rohstoffe (verwertete Rohförderung, z.B. Erze, Sand, Kies, Schiefer, Granit) / fossile Energieträger (Kohle, Erdöl, etc.), nicht verwertete Rohförderung (Abraum, Gangart, etc.) / bewegte Erde (z.B. Aushub von Erde und Sediment)

II. Biotische Rohmaterialien:

Pflanzliche Biomasse aus Bewirtschaftung / Biomasse aus nicht bewirtschafteten Bereichen (Pflanzen, Tiere, etc.) / (Nutztiere befinden sich bereits in der Technosphäre, daher werden sie auf die der Natur unmittelbarentnommene Biomasse, z.B. pflanzliches oder tierisches Futter, zurückgerechnet.)

III. Bodenbewegungen in der Land- und Forstwirtschaft:

Mechanische Bodenbearbeitung oder Erosion

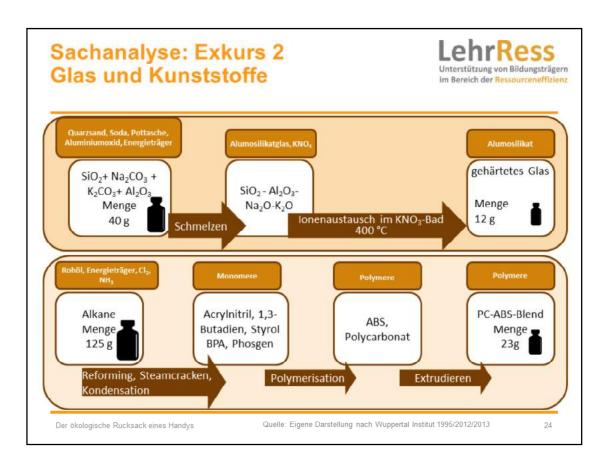
IV. Wasser (unterschieden nach Prozess- und Kühlwasser):

Oberflächenwasser / Grundwasser / Tiefengrundwasser V. Luft:

Verbrennung / chemische Umwandlung / physikalische Veränderung (Aggregatzustand)

Quellen:

- Deutsches Kupferinstitut (2016): Herstellung von Kupfer. Online: https://www.kupferinstitut.de/de/werkstoffe/system/herstellung-kupfer.html
- Hydro (2013): Bauxitabbau. Online: http://www.hydro.com/de/Deutschland/uber-aluminium/aluminium-lebenszyklus/Bauxitabbau/
- Wuppertal Institut (1995): Materialintensitätsanalysen von Grund-, Werk- und Baustoffen (2), Der Werkstoff Aluminium
- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal-Institut (2013): Factsheets zum Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf



Die Folie erläutert den ökologischen Rucksack für die Herstellung eines Kunststoffs im Smartphone und des Bildschirmglases. Die dargestellten Mengen in der Folie beziehen sich nur auf die abiotischen Rohmaterialien, d.h. mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger (Kohle, Öl, etc.), nicht verwertete Rohförderung (Abraum, etc.) und bewegte Erde (Aushub von Erde und Sediment). Sie berücksichtigt nur die Kunststoff-bzw. Glasherstellung, nicht die Herstellung der Halbzeuge, der Metallprodukte und der Endprodukte. Die Mengen an Kunststoff und Glas sind nur als grobe Richtwerte zu verstehen, da sie von Handy zu Smartphone und von Typ zu Versionsnummer immer variieren.

In heutigen Smartphones wird spezielles, gehärtetes Glas als Display verwendet, meist sogenanntes Gorilla-Glas. Je nach Modell sind ca. 12 g Glas enthalten. Das Spezialglas gehört zur Gruppe der Alkali-Alumosilikatgläser. Bei diesen ist neben dem Quarzsand ein wichtiger Bestandteil das Aluminiumoxid. Die Produktion benötigt aufgrund der hohen Temperaturen viel Energie. Neben den Hauptkomponenten Quarzsand, Soda, Pottasche und Aluminiumoxid gibt es weitere Metalloxide, die bestimmte Funktionen haben, u.a. Bariumoxid, Magnesiumoxid, Boroxid usw. Im Schmelzofen werden die Rohstoffe geschmolzen und mit Hilfe einer speziellen Maschine in sehr dünne Glasscheiben (< 1 mm) gegossen. Anschließend wird das Glas gehärtet. Dazu wird es in ein 400 ° C heißes Kaliumnitrat-Bad getaucht. Natriumionen werden an der Glasoberfläche durch Kaliumionen, die einen größeren Durchmesser als Natriumionen haben, ausgetauscht. Das Ergebnis ist eine stabilere Oberfläche. Für die Menge des im Handy enthalten Glases werden ca. 40 g an Ausgangsmaterial (Rohstoffe und fossile Energie-träger) verbraucht. Der Wert ist jedoch fehlerbehaftet, da es zwar MIPS-Werte für die meisten Ausgangsstoffe gibt, der Herstel-lungsprozess des Spezialglases aber nicht bilanziert wurde. Es ist anzunehmen, dass Wert höher als der angegebene Wert ist.

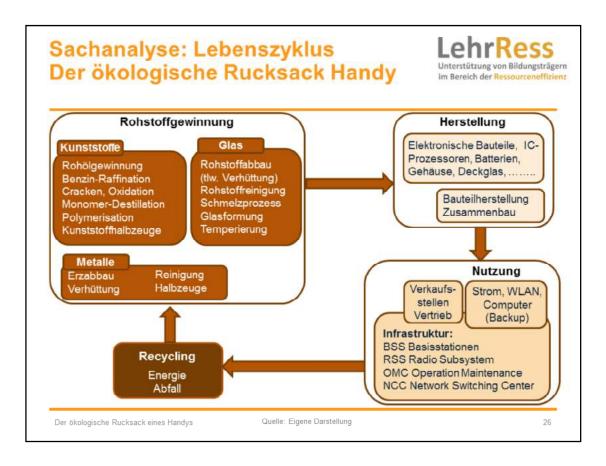
40-50 % der Materialien im Handy/Smartphone sind Kunststoffe, der größte Anteil davon ist PC-ABS, eine Polymermischung aus Polycarbonat (PC) und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS). Sie wird z.B. für die Kunststoffaußenhülle verwendet. Je nach Modell sind ca. 23 g Kunststoff enthalten. Der Ausgangsstoff für den Kunststoff PC-ABS ist Rohöl (Erdöl). In Rohöl sind verschiedene chemische Verbindungen enthalten, hauptsächlich Alkane (einfache Kohlenwasserstoffe) in verschiedenen Kettenlängen. Durch eine spezielle Technik werden die Alkane getrennt. Die Fraktionen werden in vielen Prozessen mit bestimmten Chemikalien weiterbehandelt (u.a. Reforming, Steamcracken, Kondensation). Man erhält dadurch die Chemikalien, die als Bausteine (Monomere) für Polymere dienen. Aus Acrylnitril, 1,3-Butadien und Styrol wird durch Copolymerisation das Polymer ABS. Aus Bisphenol A (BPA) und Phosgen wird durch Polykondensation das Polycarbonat (PC) gebildet. Für das Mischpolymer, das sogenannte Blend, werden beide Polymere, also PC und ABS, in einer Maschine erhitzt, im weichen Zustand miteinander vermischt und in die gewünschte Form (z.B. Smartphonehülle) gebracht. Für die Menge des im Smartphone enthalten Kunststoffes PC/ABS werden ca. 125 g an Material, darunter Erdöl und fossile Energieträger, verbraucht. Der Wert ist jedoch fehlerbehaftet, da es zwar MIPS-Werte für die verschiedenen Ausgangsstoffe gibt, der Herstellungsprozess aber nicht bilanziert wurde. Es ist anzunehmen, dass Wert höher als der angegebene Wert ist.

Quellen

- Wuppertal Institut (1995): Materialintensitätsanalysen. Der Werkstoff Aluminium
- Wuppertal-Institut (2012): Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal-Institut (2013): Factsheets zum Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf



Mittels der Folie wird das Konzept des Lebenszyklus nun auf das Handy übertragen. Das Ziel ist es, den Schüler und Schülerinnen nun zu vermitteln, dass bisher nur der erste Schritt des Lebenszyklus behandelt wurde, nämlich die Rohstoffgewinnung. Die weiteren Schritte der Herstellung, der Nutzung und des Recyclings beanspruchen ebenso Ressourcen mit Stoffen die zugeführt werden wie auch Abfallstoffen die entstehen. Die Details werden mittels der nächsten Folie erörtert.



Der ökologische Rucksack eines ganzen Handys berechnet sich dann aus der Summe aller ökologischen Rucksäcke der Bestandteile des Handys. Für jeden Bestandteil gibt es die Bereiche Rohstoffgewinnung (z.B. Metalle) und die Herstellung der Bauteile (z.B. Litzen). Dieser Herstellungsschritt umfasst auch den eigentlichen Bau der Produkte. Ein weiterer Bereich ist der ökologische Rucksack für die Nutzung des Gerätes. Denn viele Strukturen sind notwendig, um ein Handy zu nutzen: von den Basisstationen des Mobilfunknetzes über die Rechenzentren zur Netzsteuerung oder der Kundenabrechnung (s.a. die Zusatzfolien am Ende). Selbst das Recycling des Gerätes erfordert einen, wenn auch vergleichsweise geringen Rohstoffeinsatz.

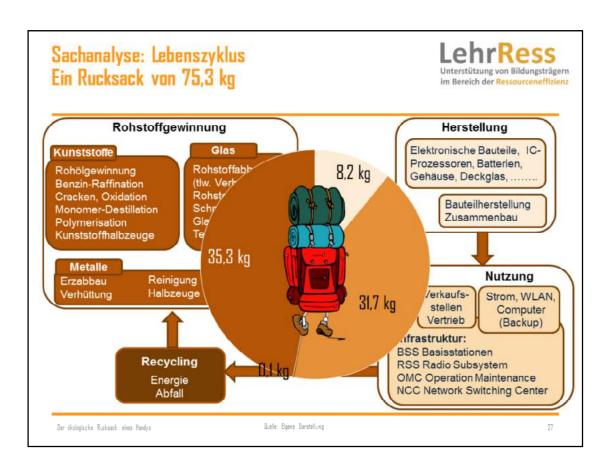
Anschließend stellt der/die Dozent/-in die Frage: Wie groß ist der ökologische Rucksack eines Handys?

Hinweis für den Dozenten

Im Anhang befindet sich eine Folie über den Aufbau des Mobilfunksystems mit Erläuterungen.

Weitere Informationen

• Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf



Der Wert des ökologischen Rucksacks ist vor allem zu Bildungszwecken zu sehen. Er illustriert wie groß der Ressourcenaufwand für die Nutzung eines (Alltags-)Produkts ist. Aus einer wissenschaftlichen und (umwelt-)politischen Perspektive werden andere Indikatoren verwendet. Aufgrund der Verfügbarkeit von Ressourcenrechnern eignet sich dieser Indikator jedoch für die Umweltbildung sehr gut.

Für die vier Bereiche gibt es folgende Rucksäcke:

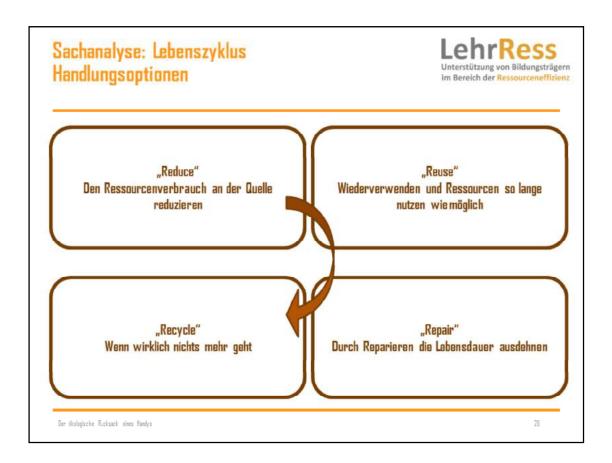
Rohstoffgewinnung: 35,3 kg

Herstellung: 8,2 kgNutzung: 31,7 kgRecycling: 0,1 kg

Insgesamt ist der Rucksack somit 75,3 kg schwer.

Quellen

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal-Institut (2013): Factsheets zum Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf



Die Folie ist das Ziel des Unterrichtsvorschlages: Verantwortungsvolleres Verhalten fördern! In Gruppenarbeit mit anschließender Präsentation oder im Klassengespräch werden alle vier Elemente diskutiert:

• "Reduce" – Den Ressourcenverbrauch an der Quelle reduzieren

Das Mobilgerät nutzen bis es wirklich nicht mehr geht, leistet den größten Beitrag zur Ressourcenschonung!!! Um die Lebensdauer eines Smartphones zu verlängern, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden: Der Einsatz von Schutzhüllen vermindern die Bruchgefahr; extreme Kälte- oder Hitze-Einwirkungen auf das Handy sollten vermieden werden; bereits beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass recycelte Materialien in der Produktion eingesetzt wurden (das Umweltbundesamt verweist dazu auf http://www.ecotopten.de); Universal-Ladegeräte vermindern Duplikationen und den Bedarf an spezieller Gerätschaft. Zudem kann es zur Ressourcenschonung beitragen z.B. ungenutzte Programme, die im Hintergrund laufen, zu deaktivieren und Stromsparfunktionen zu nutzen.

• "Re-use" – Wiederverwenden und Ressourcen so lange nutzen wie möglich

Ungenutzte Geräte sollten nicht einfach weggeworfen werden und auch nicht langfristig gelagert werden. Auf keinen Fall sollte es in den Hausmüll entsorgt werden. Wenn ein Gerät nicht mehr genutzt wird, sollte vielmehr dafür gesorgt werden, dass eine andere Personen es benutzen kann. Das kann intrafamiliär geschehen (z.B. könnte die ältere Generation das "neue Alte" der jüngeren Generation übernehmen – und hat damit gleich eine/-n persönliche/-n Ratgeber/-in zur Hand), im Freundeskreis oder per Verkauf (z.B. über das Internet). Dabei sollte auf seriöse Anbieter geachtet werden, da sonst ggf. nur wertvolle Bestandteile entnommen werden und ansonsten schwer verwertbarer Elektronikschrott anfällt.

• "Repair" – Durch Reparieren die Lebensdauer ausdehnen

Auch, wenn es sich nicht zu lohnen scheint oder Sie das Gerät nicht mehr nutzen möchten, sollten Handys und Smartphones repariert werden. Dadurch verbessert sich der Wiederverkaufswert und die Wahrscheinlichkeit, dass das Gerät weiter benutzt wird ist maßgeblich höher.

"Recycle" – wenn wirklich nichts mehr geht

Wenn ein Gerät wirklich nicht mehr weiter benutzt werden kann, sollte es der fachgerechten Entsorgung zugeführt werden. Viele Umweltschutzorganisationen bieten Handy-Sammeldienste an. Die offiziellen Abfallentsorgungsunternehmen bieten in der Regel Recycling für Handys an, wie auch die Mobilfunkanbieter. Bei anderen Verwertern sollte geprüft werden, was genau mit dem Gerät passiert. Von unseriösen Anbietern werden möglicherweise die wertvollen und einfach zu verwertenden Bestandteile des Handys entnommen und der verbleibende Anteil entweder gar nicht entsorgt oder zu schwer verwertbarer Elektronikschrott gemacht. In jedem Falle sollten Speichermedien entfernt werden, Speicher gelöscht und das Gerät auf Werkeinstellungen zurückgesetzt werden.



Foliensatz III Rahmung – Weiterbildung für Lehrende zur Unterrichtseinheit



Die Folie zeigt eine Übersicht über Ziele, Methoden, Arbeitsmaterial und Dauer der Unterrichtsreihe sowie angesprochene Kompetenzen.



Die Folie zeigt eine Übersicht über Ziele, Methoden, Arbeitsmaterial und Dauer der Unterrichtsreihe sowie angesprochene Kompetenzen.



Modul 1 - Einstiegsdiskussion

Ziel:

- Historisch-kritische Einordnung von Mobiltelefonen
- Objektiv-untersuchender Blick auf das eigene Gerät
- · Gesellschaftliche Relevanz des Themas Handy

Der ökologische Rucksack eines Handys

32

Rahmung: Modul 1 Einstiegsdiskussion



Zeit	Modul	Thema	*42	Methodischer Zugang	Medien
10 min.	IJ	Bildanalyse Karikatur (Pranger Handysucht, Handygefängnis)	S.U.	Grafik gemeinsam erschließen und beschreiben, Fragen, Klassengespräch	Arbeitsblatt 1.1 a-b
10 min.	1.2	Rellektion: Nutzung des eigenen Mobiltelefons; Aspekte der gesellschaftlichen Rolle; Rohstoffverbrauch	1.1	Diskussion anhand von aktuellen Fragen	Arbeitsblatt 1.2

*SA: Sachanalyse

Der ökologische Rucksack eines Handys

33

In Modul 1 werden zwei Komponenten angeboten:

- Der Einstieg mittels einer Bildanalyse der Karikatur und
- Diskussionen anhand von kritischen Fragen rund um das Thema Handy

Rahmung: Modul 1.1a Karikaturanalyse



- Karikatur "Pranger gegen Handysucht"
- Bildanalyse (Definition Pranger)
- Einordnung des dargestellten
 Geschehens in den heutigen Kontext
- Bezug zum eigenen Erleben herstellen
- Zeitliche Einordnung
- Geschichte des Mobiltelefons
- Vergleich: Welche Funktionen des Smartphones wären damals schon funktionsfähig gewesen?
- Frage nach dem satirischen Aspekt



Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle: Simplicissimus 31 No 38, 20.12.1926

34

Ziel ist es, die Anknüpfung an die Erlebniswelt der Jugendlichen herzustellen:

Was ist unter einem Pranger zur verstehen ist: Der Pranger, Schandpfahl oder Kaak war ein Strafwerkzeug in Form einer Säule, eines Holzpfostens oder einer Plattform, an denen ein Verurteilter gefesselt und öffentlich vorgeführt wurde. Die Strafe bestand vor allem in der öffentlichen Schande, welche der Verurteilte zu erdulden hatte und die vielfach ein "normales" Weiterleben in der Gemeinschaft unmöglich machte oder sehr erschwerte. Auch war der Bestrafte den Schmähungen der Passanten ausgesetzt, die für ihn nicht ungefährlich waren. Auch das Bewerfen der betroffenen Person mit Gegenständen und das Prügeln waren üblich. (nach Wikipedia)

Handysucht wird heute vor allem von Eltern oder Lehrern "angeprangert", sie gerät aber zunehmend auch in den öffentlichen Focus (siehe Referenz unten). Ein Pranger wurde zuletzt etwa 1850 eingesetzt, es gibt aber auch neuzeitliche Methoden des Anprangerns und der Sanktionierung mittels

Die Frage, welche der heute üblichen Smartphone-Funktionen damals schön zugänglich gewesen wäre (nämlich gar keine!!) ermöglicht den Übergang zur Geschichte des Handys. Der geschichtliche Hintergrund dient dazu die Jugendlichen auf die Reflektion des eigenen Verhaltens hinzuführen.

· Zur Geschichte des Handys:

Die Entwicklung des Mobilfunks begann **1926** mit einem Telefondienst in Zügen der Deutschen Reichsbahn und Reichspost auf der Strecke zwischen Hamburg und Berlin – die Karikatur hatte also einen aktuellen Anlass.

Die ersten privaten Mobilfunkgespräche wurden erst über in Kraftfahrzeugen montierte Endgeräte – Autotelefone – im Jahr 1946 möglich. Die Geräte waren zunächst wegen der für die Funktechnik verwendeten Vakuumröhren recht groß (ca. Reisekoffergröße), die Gespräche wurden handvermittelt und die Gerätepreise lagen bei etwa 50 % des Wagenpreises. Erst ab 1972 wurden in der Bundesrepublik Selbstwählverbindungen möglich. 1973 stellte ein Entwicklerteam bei Motorola den ersten Prototyp eines Mobiltelefons her das in der Hand getragen werden konnte und nicht mehr an Autos oder andere Transportmittel gebunden war. Erst 1986 wog zum Beispiel das Nokias Mobira Talkman 320F "nur" noch 4,7 kg und kam mit einem voll aufgeladenen Akku rund zehn Stunden ohne Steckdose aus. Eine kleine Sensation gelang Nokia ein Jahr später mit dem Mobira Cityman, das nur noch 800 Gramm wog. Dieses ca. 10.000 Mark teure Mobiltelefon wurde Ende der 80ger Jahre zum weit verbreiteten Prestige-Objekt. Im Herbst 1992 gelangten die ersten GSM-Handys in den Fachhandel. Das erste Kulthandy der war Motorolas International 3200 (1992), das wegen seiner außergewöhnlichen Form liebevoll "Telefon-Knochen" genannt wurde. 1996 entwickelte Nokia mit dem Communicator 9000 erstmals eine Handy/Organizer-Kombination, mit der Besitzer auch im Internet surfen konnten. Dieses so genannte Smartphone war lange Zeit ein wegweisendes Unikum, denn erst 2000 zog die Konkurrenz mit vergleichbaren Geräten nach.

Zur Frage nach dem Satirischen Aspekt:

Satire ist eine Kunstform, mit der Personen, Ereignisse oder Zustände kritisiert, verspottet oder angeprangert werden. Typisches Stilmittel der Satire ist die Übertreibung. Die Schülerinnen und Schüler sollen dazu angeregt werden, mittels der Konfrontation mit der übertriebenen Darstellung ihr eigenes Verhalten und Empfinden dem Handy gegenüber zu reflektieren.

Siehe z.B. TAB-Arbeitsbericht Nr. 166 "Neue elektronische Medien und Suchtverhalten", http://www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u20200.html

Rahmung: Modul 1.1b Karikaturanalyse



- Karikatur "Hand-Gefängnis "
- Bildanalyse, insbesondere der Identität der eingesperrten Person
- Bezug zum eigenen Erleben herstellen
- Vergleich heute mit der Zeit bevor Handys auf den Markt kamen
- Vergleich: Welche Funktionen des Smartphones wären damals schon funktionsfähig gewesen?
- Geschichte des Mobiltelefons
- · Frage nach dem satirischen Aspekt



Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle: Simplicissimus 31 No 38, 20.12.1926

35

Ziel ist es, die Anknüpfung an die Erlebniswelt der Jugendlichen herzustellen:

Zunächst sollte diskutiert werden, wer bzw. was in Form der Person im Gefängnis dargestellt wird. Mehrere Aspekte sind möglich: Der Autor betitelt seine Zeichnung etwa mit "Ein Büromensch im Handygefängnis", die Darstellung bezieht sich also auf die zunehmende Rolle der mobilen Kommunikation im Arbeitsleben. Für die Lebenswelt der Jugendlichen ist evtl. z.B. die Person mit der man über das Handy kommuniziert, die aber im Handy gefangen bleibt und daher also nicht wirklich greifbar wird relevanter, oder auch das Eigenleben des Handys, sei es in Form von Fehlfunktionen oder auch in Form der Institutionen, die die verschiedenen Dienste zur Verfügung stellen.

Um die Reflektion der Jugendlichen zum eigenen Umgang mit dem Handy zu fördern bietet sich die Frage an, wie weit die Darstellung auf ihr eigenes Leben anwendbar ist. Auch der Transfer auf die ursprünglich angedachten Arbeitnehmer ist möglich.

Der Vergleich Arbeitswelt vor, also ohne Handy versus mit Handy kann zur Überleitung auf die Geschichte des Handys dienen.

Zur Geschichte des Handys:

Die Entwicklung des Mobilfunks begann 1926 mit einem Telefondienst in Zügen der Deutschen Reichsbahn und Reichspost auf der Strecke zwischen Hamburg und Berlin – die Karikatur hatte also einen aktuellen Anlass.

Die ersten privaten Mobilfunkgespräche wurden erst über in Kraftfahrzeugen montierte Endgeräte – Autotelefone – im Jahr 1946 möglich. Die Geräte waren zunächst wegen der für die Funktechnik verwendeten Vakuumröhren recht groß (ca. Reisekoffergröße), die Gespräche wurden handvermittelt und die Gerätepreise lagen bei etwa 50 % des Wagenpreises. Erst ab 1972 wurden in der Bundesrepublik Selbstwählverbindungen möglich. 1973 stellte ein Entwicklerteam bei Motorola den ersten Prototyp eines Mobiltelefons her das in der Hand getragen werden konnte und nicht mehr an Autos oder andere Transportmittel gebunden war. Erst 1986 wog zum Beispiel das Nokias Mobira Talkman 320F "nur" noch 4,7 kg und kam mit einem voll aufgeladenen Akku rund zehn Stunden ohne Steckdose aus. Eine kleine Sensation gelang Nokia ein Jahr später mit dem Mobira Cityman, das nur noch 800 Gramm wog. Dieses ca. 10.000 Mark teure Mobiltelefon wurde Ende der 80ger Jahre zum weit verbreiteten Prestige-Objekt. Im Herbst 1992 gelangten die ersten GSM-Handys in den Fachhandel. Das erste Kulthandy der war Motorolas International 3200 (1992), das wegen seiner außergewöhnlichen Form liebevoll "Telefon-Knochen" genannt wurde. 1996 entwickelte Nokia mit dem Communicator 9000 erstmals eine Handy/Organizer-Kombination, mit der Besitzer auch im Internet surfen konnten. Dieses so genannte Smartphone war lange Zeit ein wegweisendes Unikum, denn erst 2000 zog die Konkurrenz mit vergleichbaren Geräten nach.

Zur Frage nach dem Satirischen Aspekt:

Satire ist eine Kunstform, mit der Personen, Ereignisse oder Zustände kritisiert, verspottet oder angeprangert werden. Typisches Stilmittel der Satire ist die Übertreibung. Hier ist eine Diskussion zum Vergleich des physischen, hier explizit dargestellten Gefängnisses mit einem psychischen, hier implizit dargestellten Gefängnis möglich.

Siehe z.B. TAB-Arbeitsbericht Nr. 166 "Neue elektronische Medien und Suchtverhalten", http://www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u20200.html

Rahmung: Modul 1.2 Einstiegsfragen



- Bezug zur eigenen Person herstellen
 "Ihr wierieltes Handy haben Sie in der Tasche, wie lange benutzen Sie es schon?"
- Gesellschaftliche Bedeutung
 "Ab welchem Alter haben mehr als 50% aller Kinder ein Handy?"
- Bezug zu Wertstoffen herstellen
 "Worin findet man mehr Gold? In It Gold-Erz oder in It Schrott-Handys? "
- Ungenutztes Potenzial aufzeigen
 "Was schätzten Sie: wie viele ungenutzte Handys liegen in dt. Schubladen? "
- Gesellschaftliche Bedeutung Mengen
 "Was schätzen Sie: Wie viele neue Handys wurden 2015 in Deutschland verkauft?"
- Bezug zur Terminologie/Chemie herstellen "Wie viele von Ihnen haben schon mal Seltene Erden besessen?"
- Wert-Definitionen hinterfragen
 "Welches ist das wertvollste Metall in Ihrem Handy?"

Der ökologische Rucksack eines Handys

36

Handys sind in der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen tief verankert. Es ist daher sinnvoll, die Bindung der Schüler und Schülerinnen an ihre Handys zu nutzen um das Thema für sie relevant und motivierend zu gestalten.

Zunächst soll ein objektiv-untersuchender Blick auf das (eigene) Gerät erreicht werden, der Reflektionsprozess zum eigenen Verhalten bei der Handy-Nutzung angestoßen werden und der Zusammenhang mit gesellschaftlichen und Umwelt-Aspekten eröffnet. Es bieten sich provokativinteressante Fragen an, die im fragend-entwickelnden Gespräch präsentiert werden können. Je nach Fachbereich und individueller Zusammensetzung der Lerngruppe eigenen sich viele Aspekte der Ausführungen oben um auf das Thema hinzuführen. Hier sind grundlegende Fragenkomplexe angesprochen.



Modul 2 – Aufbau eines Handys

Ziel:

- Die Komplexität von Mobiltelefonen erfassen
- Einführung in die stoffliche Zusammensetzung
- · Hinleitung zum Periodensystem der Elemente

Der ökologische Rucksack eines Handys

37

Rahmung: Modul 2 Aufbau Handy



38

Zeit	Modul	Thema	*42	Methodischer Zugang	Medien
10 min.	Za	Bauteile eines Handys erschießen	1.2	Handy untersuchen, Arbeitsblatt nutzen	Handy oder Arbeitsblatt 2
5 min.	2ь	Stoffliche Zusammensetzung eines Handys	1.3	Informationstext	Information 1
10 min.	2c	Welche Elemente können in einem Handy enthalten sein? (Periodensystem)	1.3	Fragen und Diskussion zu verschiedenen Elementen	Arbeitsblatt 3

*SA: Sachanalyse

Der ökologische Rucksack eines Handys

Die Folie zeigt eine Übersicht über Modul 2.

Im zweiten Modul werden die physisch erfassbaren **Bauteile** erörtert (im kommenden Schritt werden auch **Materialien** wie Glas oder Aluminium besprochen, die Betonung soll hier zunächst auf der Vielfalt und Komplexität der Bauteile liegen). Dazu können die Schüler und Schülerinnen in einem ersten Schritt ihre eigenen Geräte untersuchen und - soweit dies ohne Beschädigung möglich ist - auseinanderbauen. Mittels der beigefügten Arbeitsblätter kann das Angebot alternativ über die Arbeitsblätter erfolgen. Die Schüler und Schülerinnen sollen dabei benennen, welche Bauteile sie vorfinden bzw. erkennen können. Selbst bei den kaum zu öffnenden Geräten* (z.B. der Firma Apple) sind Bauteile wie z.B. Frontabdeckung, Kameras, Mikrophon, und Gehäuse erkennbar. Die große Anzahl an Einzelbauteilen sowie deren hoher Komplexitätsgrad sollten angesprochen werden. Auch die Bauteile der zugehörigen Komponenten (Kopfhörer, Ladekabel etc.) sollte Erwähnung finden. Wo die Geräte nicht oder kaum geöffnet werden können bietet sich an, die Frage aufzuwerfen, warum das so ist, warum z.B. die Akkus nicht austauschbar sind und für wen das einen Vor- oder Nachteil hat. Siehe z.B. auch Lehreinheit Obsoleszenz)

Rahmung: Modul 2a Bauteile eines Handys erschließen



- Eigenes Handy untersuchen (Alternativ: Arbeitsblatt nutzen)
- Zunächst Bauteile benennen
- Wahrnehmen der Materialien aus denen das Gerät aufgebaut ist
- Maß an Modularität (z.B. Akku) wahrnehmen, evtl. Diskussion zu Effekt und Nutzen von verklebten Akkus
- Ziel ist es, die Komplexität des Gerätes bewusst zu machen



Der ökologische Rucksack eines Handys

39

Mittels dieser beigefügten Arbeitsblätter kann in Einzel- oder Gruppenarbeit im Detail erarbeitet werden, welche Bauteile in einem Handy zu finden sind.

Bildquellen

- Links geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia
 https://de.wikipedia.org/wiki/IPhone#/media/File:IPhone Frontpanel.jpeg;
- Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:IPhone3GS Logicboard.jpg
- Rechts Logicbaord iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Apple_A6#/media/File:S5L8960-SoC-Apple-A6.JPG

Rahmung: Modul 2b Stoffliche Zusammensetzung



- Grundlegende Stoffgruppen aufgreifen bzw. bestätigen (Kunststoff / Glas / Metalle)
- Überleitung zur Stoffgruppe der Metalle und deren Wichtigkeit im Ressourcenschutz
- Überleitung zum Periodensystem der Elemente
 - Metalle problemlos ablesbar
 - Andere Stoffe i.d.R. in Verbindungen



Der ökologische Rucksack eines Handys

40

Um den Ressourceneinsatz darzustellen, der notwendig ist um Smartphones herzustellen und zu betreiben, stellt sich die Frage nach der mengenmäßigen Verteilung der eingesetzten Elemente:

Mengenmäßig sind die bedeutendsten Elemente:

- Aluminium (z.B. Gehäuse)
- Lithium und Kobalt (Lithium-Ionen-Batterie)
- Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (Kunststoffe)
- Kupfer (Kabel, Leiterbahnen)
- Silizium, Calcium, Natrium, Kalium, Sauerstoff (Gläser)

Diese Elemente finden sich in den 56% Kunststoffen, 16% Glas- und Keramikkomponenten, 25% Metallen und 3% sonstige Elemente aus denen ein Handy besteht.

Auch wenn ein Smartphone zum größten Teil aus Kunststoff und Glas besteht: Besonders wichtig ist die Metallvielfalt, die zusammen 25 Prozent des Gewichts ausmacht. 15% sind Kupfer, der wie in allen elektrischen Geräten als Stromleiter dient. 3% entfallen auf Aluminium, wobei dieser Anteil bei Handys mit Aluminium-Gehäuse erheblich höher ist. 3% entfallen auf Eisen, 2% auf Nickel. Kritisch sind jedoch vor allem die Elemente, die in sehr geringen Mengen vorkommen: Neben Gold, Silber und Platin seltenere Elemente wie Palladium, Tantal, Indium oder Gallium. Diese Elemente werden eingesetzt, da sie sehr spezifische Eigenschaften haben und die hochkomplizierten elektronischen Vorgänge im und Funktionen des Smartphones erst ermöglichen (siehe Abbildung 6).

Quellen für Elemente in einem Handy

- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag.
- Informationszentrum Mobilfunk o.J: Lebenszyklus eines Handys. Online: http://informationszentrum-mobilfunk.de/lebenszyklus-eines-handys-und-oekologischer-rucksack#header
- Merkel, W. (2012): Wie das kratzfeste Smartphone-Display entsteht. Online. https://www.welt.de/wissenschaft/article107911368/Wie-das-kratzfeste-Smartphone-Display-entsteht.html.
- Statista (div. Jahre): Zusammensetzung von Smartphones. Online: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164028/umfrage/bestandteile-eines-mobiltelefons-nach-materialien/
- Hagelücken, C. (2011): "Recycling von Handys Kreislaufwirtschaft der Edel- und Sondermetalle." Umicore, Hanau. Zit. nach Wuppertalinstitut 2013.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf

Rahmung: Modul 2c Stoffliche Zusammensetzung



- Fachübergreifender Unterricht möglich
- Schätzaufgabe: wie viele stabile Elemente gibt es und wie viele davon sind im Handy verbaut?
- Antwort: 60 von 80 stabilen Elementen
- Ziel: wiederum Komplexität des Gerätes darstellen und damit die Anzahl an verschiedenen natürlichen Ressourcen, die beansprucht werden
- In der Lerneinheit wird nur auf wenige Elemente eingegangen
 Hinweis auf Mitdenken für die anderen
 Elemente nötig!



Der ökologische Rucksack eines Handys

41

Insbesondere hinleitend auf die Rolle der Metalle wird dann Bezug genommen auf das Periodensystem der Elemente. In Form einer **Gruppen-Diskussion**, oder auch in Partnerarbeit wird nun das **Arbeitsblatt 3** mit dem Periodensystem der Elemente genutzt um bei den Schülern die Frage aufzuwerfen, welche Stoffe nach Meinung der Schüler und Schülerinnen in einem Handy enthalten sein könnten. Die Schüler und Schülerinnen sollen das Periodensystem untersuchen und Vermutungen anstellen a) welche Elemente im Handy enthalten sind und b) wieviele der 80 stabilen Elemente.

Abschließend wird die Schätzaufgabe diskutiert:

- Wie viele der 80 stabilen Elemente des Periodensystems sind in einem Handy enthalten?
- (Lösung: bis zu 60!)

Quellen für Elemente in einem Handy

- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag.
- Informationszentrum Mobilfunk o.J: Lebenszyklus eines Handys. Online: http://informationszentrum-mobilfunk.de/lebenszyklus-eines-handys-und-oekologischer-rucksack#header
- Merkel, W. (2012): Wie das kratzfeste Smartphone-Display entsteht. Online. https://www.welt.de/wissenschaft/article107911368/Wie-das-kratzfeste-Smartphone-Display-entsteht.html.
- Statista (div. Jahre): Zusammensetzung von Smartphones. Online: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164028/umfrage/bestandteile-eines-mobiltelefons-nach-materialien/
- Hagelücken, C. (2011): "Recycling von Handys Kreislaufwirtschaft der Edel- und Sondermetalle." Umicore, Hanau. Zit. nach Wuppertalinstitut 2013.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf



Modul 3 - Die Relevanz der Mengen

Ziel:

- Relevanz der Metalle herausarbeiten
- Diskrepanz zwischen geringen Einzelmengen und großen Gesamtmengen erfassen

Der ökologische Rucksack eines Handys

42



Die Folie zeigt eine Übersicht über Modul 3.



Um dieses Modul einzuführen wird von der Lehrkraft mittels der Folie auf die Zuordnung der Elemente zu einzelnen Bauteilen und auf die geringen Mengen der eingesetzten Elemente eingegangen.

Rein finanziell betrachtet sind die Elemente Silber, Gold, Palladium, Platin, Tantal, Indium und Gallium die wertvollsten. Neben diesem Aspekt stellt sich aber zudem die Frage der Verfügbarkeit. Metalle können aus unterschiedlichen Gründen als "seltene Erden" klassifiziert werden (Preis bzw. Preisanstieg, Knappheit des Vorhandenseins in der Erdkruste oder Konzentration des Metalls in den abbaubaren Gesteinen).

Für mehrere der in der Informations- und Kommunikationstechnologie erforderlichen Metalle gibt es starke Beschränkungen für die jetzige oder die zukünftige weltweite Verfügbarkeit. Die Kritikalität wird ganz besonders deutlich, wenn man den Bedarf für die aktuellen oder absehbaren zukünftigen Entwicklungen des Smartphone-Marktes betrachtet:

Quelle für Elemente in einem Handy

Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag.



Nun werden diese geringen und damit scheinbar irrelevanten Mengen an Metallen auf die Anzahl der in Deutschland bzw. weltweit verkauften Handys hochgerechnet – und damit die Relation zum ökologischen Rucksack, also zum Ressourceneinsatz wieder hergestellt.

Die Tabelle zeigt, wie sich die geringen Mengen in den Smartphones zu großen Mengen summieren: In einem herkömmlichen Handy sind ca. 250 Milligramm Silber, 24 Milligramm Gold und 9 Milligramm Palladium enthalten. Für Smartphones geht man von höheren Werten aus. Schätzungen zufolge enthält ein Gerät mit einem Gewicht von 110 Gramm ca. 305 Milligramm Silber, 30 Milligramm Gold und 11 Milligramm Palladium.

Hochgerechnet auf den von Statista ermittelten Absatz von 1,43 Mrd Smartphones (nicht Handys) weltweit, ergeben sich somit Rohstoffbedarfe von 436 t Silber, 43 t Gold und 13 t Palladium im Jahr 2015. Preislich besonders relevant sind die Werte für Gold und Silber mit 31 bzw. 4,5 Millionen Euro sowie für Platin mit 0,9 Millionen. Diese Zahlen zeigen auch, dass ein Recycling insbesondere dieser werthaltigen Stoffe besonders wichtig ist.

Quellen

- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012, online unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.finanzen.net/rohstoffe/ bzw. http://www.boerse.de/rohstoffpreise



Modul 4 - Lebenszyklus von Metallen

Ziel:

- Darstellung der Vielzahl an Stoffen, die im Prozess der Herstellung eines Metalls zugeführt werden
- Darstellung der Vielzahl an Abfallstoffen

Der ökologische Rucksack eines Handys

46

Rahmung: Modul 4 Lebenszyklus Metalle



Zeit	Modul	Thema	*A2	Methodischer Zugang	Medien
10 min.	4a	Lebenszyklus von Metallen	1.5	Photos den Schritten zuordnen	Arbeitsblatt 4 mit Photoblatt
15 min.	4Ь	Lebenszyklus der Metalle: der ökologische Rucksack	1.5	Textanalyse - anschließende Zuordnung Input /Output zu den Zyklusschritten	Arbeitsblatt 5.1, 5.2 6 5.3
10 min.	4c	Ökologische Rucksack - Dofinition	1.6	Erarbeitung einer Definition	Arbeitsblatt 6

*SA: Sachanalyse

Der ökologische Rucksack eines Handys

47

Die Folie zeigt eine Übersicht über Modul 4.

Im vierten Modul wird vermittelt, welche Ressourcen zur Produktion von Metallen eingesetzt werden. Daraus wird eine einfache Definition für den ökologischen Rucksack abgeleitet.



In diesem Modul wird z.B. im Rahmen einer **Partnerarbeit** eingeführt, welche Prozesse von der Förderung eines Metalls bis zu dessen Entsorgung bzw. Recycling in der Regel ablaufen. Im zweiten Schritt wird herausgearbeitet, welche Ressourcen dabei im Rahmen der Produktion eines einzelnen Metalls notwendig sind. Es stehen zwei aufeinander aufbauende Aufgaben zur Verfügung:

- Zunächst wird anhand von 12 verschiedenen Fotos visualisiert, welche Schritte im Lebenszyklus von Metallen unterschieden werden.
- Dabei müssen immer 2 Fotos einem Arbeitsschritt zugeordnet werden.
- Zudem soll schon hier überlegt werden, welche Faktoren bei jedem Arbeitsschritt zugeführt werden müssen: Wasser und Energie

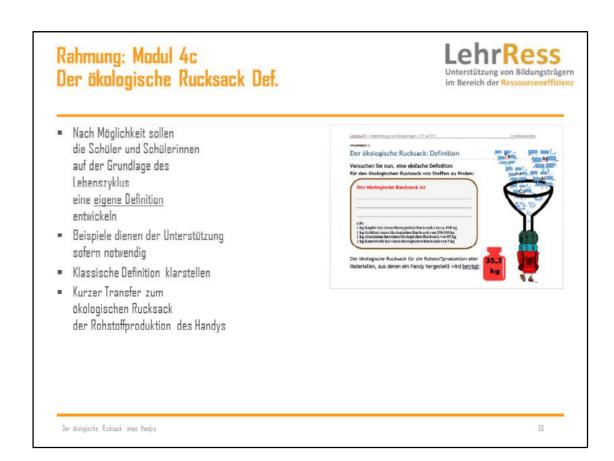


Im zweiten Schritt wird herausgearbeitet, welche Ressourcen dabei im Rahmen der Produktion eines einzelnen Metalls notwendig sind.

Mit Hilfe des Erläuterungstextes sollen die Schüler und Schülerinnen nun den einzelnen Arbeitsschritten im Lebenszyklus all die Ressourcen zuordnen, die in den Arbeitsschritt einfließen.

Ziel ist es, zu vermitteln, dass eine große Variabilität und Menge an Stoffen im Produktionsprozess eingesetzt wird, die im Allgemeinen nicht bedacht wird.

Die Kupferherstellung dient hier als Beispiel für alle Metalle. Die Form der Platzhalter entspricht nur zum Teil der Form der Textbausteine.



Mit Hilfe der vorgestellten Konzepte sollen die Schüler und Schülerinnen nun versuchen, ihre eigene Definition des ökologischen Rucksacks zu entwickeln.

Dabei sind viele Ansätze richtig, die verschiedene Grade an Detail wiederspiegeln können.

Die gängigste Definition ist "Der ökologische Rucksack ist die sinnbildliche Darstellung der Menge an Ressourcen, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes oder einer Dienstleistung verbraucht werden."



Modul 5 - Lebenszyklus und ökologischer Rucksack

Ziel:

- Einführung des Konzeptes des ökologischen Rucksacks
- Begreifbar machen der eingesetzten Ressourcen durch Erfahrung des Gewichtes

Der ökologische Rucksack eines Handys

51

Rahmung: Modul 5 Ökologischer Rucksack



Zeit	Modul	Thema	*42	Methodischer Zugang	Medien
5 min.	5a	Lebenszyklus eines Handys	S.U.	Transfer Zyklus Prinzip auf das Handy	Arbeitsblatt 7
15 min.	5b	Die Komponenten des ökologischen Rucksacks eines Handys	1.3	Inform ationstext	Information 3
20 min.	5c	Gewichte der Komponenten	1.3	Experimentieren mit verschiedenen Gewichten	Waage

*SA: Sachanalyse

Der ökologische Rucksack eines Handys

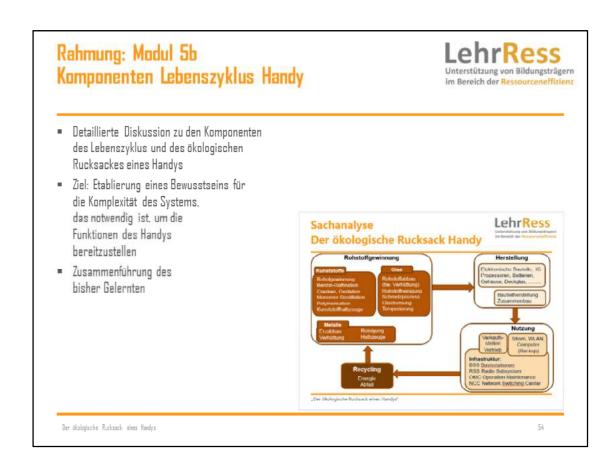
52

Die Folie zeigt eine Übersicht über Modul 5.

Das Modul 5 leitet nun über zur Anwendung des bisher erworbenen Wissens auf den ökologischen Rucksack des Handys



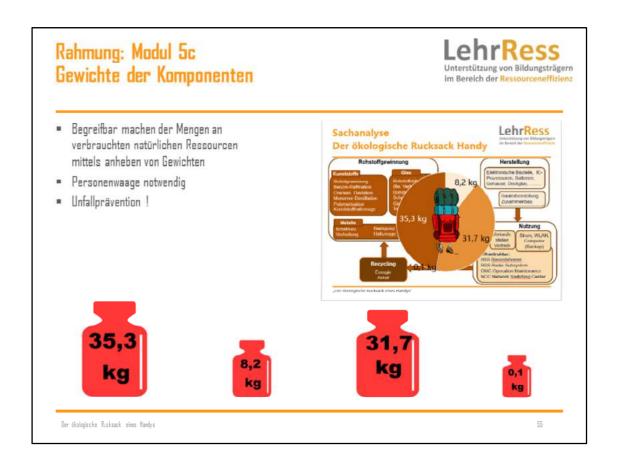
Dieses Konzept des Lebenszyklus, das im vorigen Modul etabliert wurde, wird nun in einfacher Form auf den gesamten Lebensweg eines Handys übertragen: Die Schüler und Schülerinnen sollen selbständig nachdenkend erarbeiten, nach Möglichkeit diskursiv, welche "Lebensstationen" ein Handy durchläuft. Dabei ist der Hinweis sinnvoll, dass bisher vor allem die erste Komponente des Lebenszyklus, die Rohstoffgewinnung, besprochen wurden.



In gemeinsamer Gruppendiskussion mit fragend-entwickelndem Gespräch werden nun die beiden letzten Module kombiniert: Anhand der Abbildung werden die Stationen des Lebenszyklus detailliert erörtert. Gleichzeitig wird erarbeitet, dass für jede Station im Lebensweg eines Handys auch jeweils ein ökologischer Rucksack entsteht.

Eine Kernschwierigkeit bei der Berechnung ist die Definition der Grenzen des Systems: Als Beispiel mag der Satellit dienen, der zwar für die Funktionalität des Handys unerlässlich ist, oft aber nicht zu diesem Zweck alleine produziert worden ist. Inwiefern oder wie weit die Ressourcenverbräuche für die Produktion des Satelliten, seine Entwicklung, die Verbringung ins All etc. in die Berechnung des ökologischen Rucksacks eines individuellen Handys mit einbezogen werden wäre eine solche Frage der Systemgrenze.

Neben den umweltbildungs-Aspekten und aus einer wissenschaftlichen und (umwelt-)politischen Perspektive werden zudem verschiedene andere Indikatoren verwendet. Aufgrund der Verfügbarkeit von Ressourcenrechnern eignet sich dieser Indikator jedoch für die Umweltbildung sehr gut.



Die Schüler und Schülerinnen sollen nun konkrete Vorstellungen von den Gewichten der einzelnen Rucksäcke der Komponenten gewinnen. Verschiedene Gewichte werden per Waage abgewogen, die jeweiligen Einzel-Gewichte von den Schülern angehoben und abschließend mittels anheben, zum Beispiel eines Mitschülers mit dem etwaigen Gewicht, erfahren, welches Gesamtgewicht an "Umwelt" ihre Handynutzung verbraucht (hat).

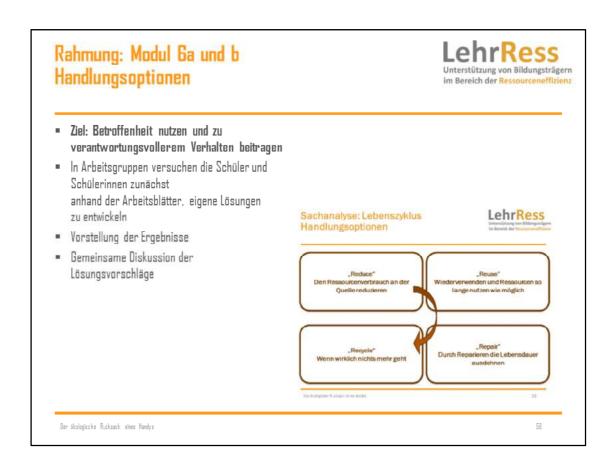
Der Wert dieses ökologischen Rucksacks ist exemplarisch und vor allem zu Bildungszwecken zu sehen. Er illustriert wie groß der Ressourcenaufwand für die Nutzung eines (Alltags-)Produkts ist. Der Wert würde von Modell zu Modell variieren, zudem gibt es unterschiedliche Herangehensweisen an die Berechnung.



Rahmung: Modul 6 Übersicht – Was kann ich tun LehrRess Unterstützung von Bildungsträgern Im Bereich der Ressourceneffizienz Modul SA* Methodischer Zugang Medien Arbeitsblatt 9.1 -2.1 Optionen entwickeln 15 min. Ба Handlungs-optionen 9.4 Schülervortrag und 30 min. 66 Handlungs-optionen 1.5 Gruppendiskussion *SA: Sachanalyse 57 Der ökologische Rucksack eines Handys

Die Folie zeigt eine Übersicht über Modul 6.

Im Abschlussmodul wird erarbeitet, wie die einzelnen Schüler und Schülerinnen dazu beitragen können, den ökologischen Rucksack Ihres Handys zu verringern



Zum Abschluss wird die Lerngruppe in vier Gruppen unterteilt. Jede Gruppe bekommt ein Arbeitsblatt (9.1/9.2/9.3/9.4) zur Diskussion. Es soll herausgearbeitet werden, welche Faktoren bei den verschiedenen Handlungsfeldern entscheidend sind.

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass unterschiedlich viele Aspekte herausgearbeitet werden können (z.B. für "repair" ist es ungleich schwieriger valide Argumente zu erarbeiten als für "reduce").

Die Arbeitsblätter enthalten Fragen zur Unterstützung der Diskussion. Das entsprechende Lösungsblatt vermittelt einen Überblick über Punkte, die diskutiert werden können/sollten.

Jeder Schüler und Schülerinnen soll ein Lösungsblatt erhalten.



- Foliensatz IV Unterrichtsvorschläge Materialien für die Unterrichtseinheit
- · Dieser Foliensatz für durch den Unterrichtsvorschlag.



Modul 1 - Einstiegsdiskussion

Ziel:

- Historisch-kritische Einordnung von Mobiltelefonen
- Objektiv-untersuchender Blick auf das eigene Gerät
- · Gesellschaftliche Relevanz des Themas Handy

Der ökologische Rucksack eines Handys

60



Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Folgende Fragestellungen bieten sich an:

- Definition und Funktion eines Prangers
- Einordnung des dargestellten Geschehens in den heutigen Kontext
- Zeitliche Einordnung
- Geschichte des Mobiltelefons 1926 (erstes mobiles Telefon im Zug)
- Vergleich: Funktionen des Smartphones im Mittelalter
- Frage nach dem satirischen Aspekt

Bildquelle

Fotolia (o.J.): "Pranger gegen Handysucht" Datei: #92583172 - Urheber: HSB-Cartoon.

Online: https://de.fotolia.com/id/92583172



Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Folgende Fragestellungen bieten sich an:

1. Wer ist, Ihrer Meinung nach, die Person, die im Handy gefangen ist?

Möglich sind z.B. der Handy-Inhaber; eine Persönlichkeit, mit der man über das Handy Kontakt hat; die "Seele" des Handys; die Institution, die den Service betreibt oder das Internet...

2. Gibt es Situationen aus Ihrem Leben, die zu dieser Karikatur passen? Können Sie sich vorstellen, dass andere Menschen sich in bzw. durch ihr Handy "eingesperrt" oder "gefangen" fühlen? Welche Personen wären das?

Ziel ist es, die Schülerinnen und Schüler darauf hin zu führen, wie gefangen sie selbst in der "Handy-Welt" sind, dass es für Viele, v.a. Jugendliche, nahezu ein Zwang ist, online und erreichbar sein zu müssen. Insbesondere trifft dies für Arbeitnehmer zu, die jederzeit erreichbar sein sollen und auch z.B. auf Reisen überall arbeitstätig sein können bzw. sollen.

3. Vergleichen Sie die Rolle des Handys heute mit der Zeit, bevor Handys bzw. Smartphones auf den Markt kamen. Welche Vor- und welche Nachteile hat das Leben ohne bzw. mit Handy.

Die vielfältigen Vorteile und Nutzen der Handys und insbesondere der Smarthphones sind unbestritten. Es bietet sich jedoch eine Diskussion zum Thema Zeit und deren Nutzung, Lebensbeschleunigung, permanente Erreichbarkeit, Veränderung der Kommunikationsformen und der Kommunikationstiefe und vieles mehr an. Die Referenz auf die Zeit vor dem Handy dient dazu, bei den Schülerinnen und Schülern den Kontrast zu ihrem eigenen Verhalten zu etablieren.

Bildquelle

Fotolia (o.J.): "A office man character in mobile phone jail" Datei: #144266376 - Urheber:

Holmessu. Online: https://de.fotolia.com/id/144266376

Unterrichtsmaterial Einstiegsfragen



- l. Ihr wievieltes Handy haben Sie in der Tasche und wie lange benutzen Sie es schon?
- 2. Ab welchem Alter haben mehr als 50% aller Kinder ein Handy?
- 3. Worin findet man mehr Gold? In einer Tonne Gold-Erz oder in einer Tonne Schrott-Handys?
- 4. Was schätzten Sie: wie viele ungenutzte Handys liegen in deutschen Schubladen?
- 5. Und wieviel Gold wäre dann darin?
- 6. Was schätzen Sie: Wie viele neue Handys wurden 2015 in Deutschland verkauft?
- 7. Wie viele von Ihnen haben schon mal Seltene Erden besessen?
- 8. Welches ist das wertvollste Metall in Ihrem Handy?

Der ökologische Rucksack eines Handys

63

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Fragen vor.

Methode: Kurzes Unterrichtsgespräch.

Handys sind in der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen tief verankert. Es ist daher sinnvoll, die Bindung der Schüler und Schülerinnen an ihre Handys zu nutzen um das Thema für sie relevant und motivierend zu gestalten.

Zunächst soll ein objektiv-untersuchender Blick auf das (eigene) Gerät erreicht werden, der Reflektionsprozess zum eigenen Verhalten bei der Handy-Nutzung angestoßen werden und der Zusammenhang mit gesellschaftlichen und Umwelt-Aspekten eröffnet. Es bieten sich provokativ-interessante Fragen an, die im fragend-entwickelnden Gespräch präsentiert werden können. Je nach Fachbereich und individueller Zusammensetzung der Lerngruppe eigenen sich viele Aspekte der Ausführungen oben um auf das Thema hinzuführen. Hier sind grundlegende Fragenkomplexe angesprochen.

Antworten:

- 1. Durchschnittliche Gebrauchsdauer: 18 bis 24 Monate / mögliche Gebrauchsdauer ca. 4 Jahre
- 2. Im Alter von 10-11 Jahren haben 61% der Kinder ein Handy.
- 3. In einer Tonne alter Handys/Smartphones befindet sich ungefähr 50-mal so viel Gold wie in einer Tonne Golderz.
- 4. Ungenutzte Handys in deutschen Schubladen: Ca. 120 Millionen!
- 5. Wieviel Gold wäre dann darin? 0,025g x 120.000.000 = 3.000.000g = 3000 kg
- 6. Verkauf neuer Handys 2015 in Deutschland : 26,2 Millionen
- 7. Wie viele von Ihnen haben schon mal Seltene Erden besessen? Alle, die ein Handy haben. (Unter Seltenen Erden versteht man "eine Gruppe von 17 Elementen welche aus den 15 Lanthaniden (Ordnungszahl 57 bis 71) sowie Scandium und Yttrium besteht. Diese Elemente sind funktionell wichtig und kommen nur in sehr geringen Mengen im Mobiltelefon vor)
- 8. Welches ist das "wertvollste" Metall in Ihrem Handy?

Gold, Platin und Silber...aber was ist mit den seltenen Erden wie Kobalt etc...

Unterrichtsmaterial Einstiegsfragen - Lösungen



- l. Ihr wievieltes Handy haben Sie in der Tasche, wie lange benutzen Sie es schon? Durchschnittliche Gebrauchsdauer: 18 bis 24 Monate vs. mögliche Gebrauchsdauer ca. 4 Jahre
- 2. Ab welchem Alter haben mehr als 50% aller Kinder ein Handy?

Im Alter von 10-11 Jahren haben 61% der Kinder ein Handy.

- Worin findet man mehr Gold? In It Gold-Erz oder in ItSchrott-Handys? In einer Tonne alter Handys/Smartphones befindet sich ungefähr 50-mal so viel Gold wie in einer Tonne Golderz
- Was schätzten Sie: wie viele ungenutzte Handys liegen in deutschen Schubladen?
 Ca. 120 Millionen!
- 5. Und wieviel Gold wäre dann darin?
 - 0.025g x 120.000.000 = 3.000.000g = 3000 kg
- 6. Was schätzen Sie: Wie viele neue Handys wurden 2015 in Deutschland verkauft? 26.2 Millionen
- 7. Wie viele von Ihnen haben schon mal Seltene Erden besessen?
 - Alle, die ein Handy haben
- 8. Welches ist das "wertvollste" Metall in Ihrem Handy? Gold. Platin und Silber...aber was ist z.B. mit den seltenen Erden

Der ökologische Rucksack eines Handys

64

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Fragen vor.

Methode: Kurzes Unterrichtsgespräch.

Handys sind in der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen tief verankert. Es ist daher sinnvoll, die Bindung der Schüler und Schülerinnen an ihre Handys zu nutzen um das Thema für sie relevant und motivierend zu gestalten.

Zunächst soll ein objektiv-untersuchender Blick auf das (eigene) Gerät erreicht werden, der Reflektionsprozess zum eigenen Verhalten bei der Handy-Nutzung angestoßen werden und der Zusammenhang mit gesellschaftlichen und Umwelt-Aspekten eröffnet. Es bieten sich provokativ-interessante Fragen an, die im fragend-entwickelnden Gespräch präsentiert werden können. Je nach Fachbereich und individueller Zusammensetzung der Lerngruppe eigenen sich viele Aspekte der Ausführungen oben um auf das Thema hinzuführen. Hier sind grundlegende Fragenkomplexe angesprochen.

Antworten:

- 1. Durchschnittliche Gebrauchsdauer: 18 bis 24 Monate / mögliche Gebrauchsdauer ca. 4 Jahre
- 2. Im Alter von 10-11 Jahren haben 61% der Kinder ein Handy.
- 3. In einer Tonne alter Handys/Smartphones befindet sich ungefähr 50-mal so viel Gold wie in einer Tonne Golderz.
- 4. Ungenutzte Handys in deutschen Schubladen: Ca. 120 Millionen!
- 5. Wieviel Gold wäre dann darin? 0,025g x 120.000.000 = 3.000.000g = 3000 kg
- 6. Verkauf neuer Handys 2015 in Deutschland : 26,2 Millionen
- 7. Wie viele von Ihnen haben schon mal Seltene Erden besessen? Alle, die ein Handy haben. (Unter Seltenen Erden versteht man "eine Gruppe von 17 Elementen welche aus den 15 Lanthaniden (Ordnungszahl 57 bis 71) sowie Scandium und Yttrium besteht. Diese Elemente sind funktionell wichtig und kommen nur in sehr geringen Mengen im Mobiltelefon vor)
- 8. Welches ist das "wertvollste" Metall in Ihrem Handy?

Gold, Platin und Silber...aber was ist mit den seltenen Erden wie Kobalt etc...



Modul 2 – Aufbau eines Handys

Ziel:

- Die Komplexität von Mobiltelefonen erfassen
- Einführung in die stoffliche Zusammensetzung
- · Hinleitung zum Periodensystem der Elemente

Der ökologische Rucksack eines Handys

65



Frage an die Lernenden / kurzes Unterrichtsgespräch

- Welches sind die Bauteile eines Smartphones?
- Sie/er sammelt die Ergebnisse und notiert sie bei Bedarf an der Tafel. Die Bauteile eines Smartphones werden auf der nächsten Folie aufgeführt.

Bildquellen:

- Links iPhone, World Super Cars, Wikipedia, online: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43505849
- Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:IPhone3GS Logicboard.jpg
- Rechts Logicbaord iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Apple_A6#/media/File:S5L8960-SoC-Apple-A6.JPG

Unterrichtsmaterial Welche Bauteile im Smartphone?



- Frontcase
- Display
- Display-Rückseite
- Front- und Rückkamera
- Blitzlicht
- Antenne
- · Mainboard (Logicboard)



- Lautsprecher-Einheit
- I/O-Eingang
- Kopfhörer-Eingang
- SIM-Lock
- Batterie
- Gehäuse
- Buttons / Schalter





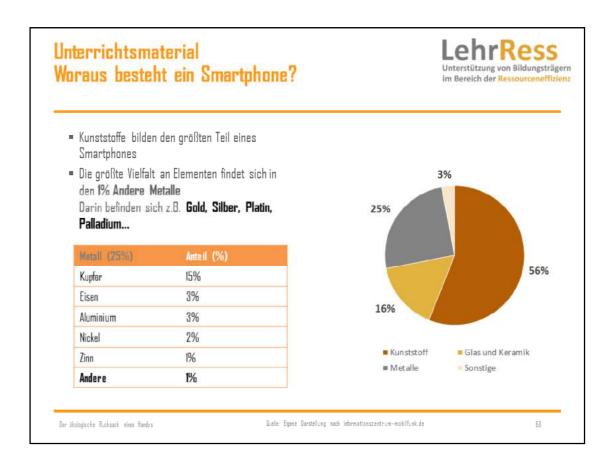
Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle: Links geöffnetes iPhone, Jojhnjoy:Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Rechts Logicbaard iPhone, Jojhnjoy

- 67
- Die Folien listet die wichtigsten Bauteile eines Smartphones auf. Die Graphiken sind illustrativ.
- Der nächste Schritt ist die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung eines Smartphones.
- Der/die Dozent/-in blendet die n\u00e4chste Folien ein und fragt:
- Welche Stoffe sind einem Smartphone?
- Ziel ist es, von den Produkten und den Materialien hin zu den Stoffen bzw. Elementen zu kommen.

Bildquellen

- Links geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia
 https://de.wikipedia.org/wiki/IPhone#/media/File:IPhone Frontpanel.jpeg;
- Mitte geöffnetes iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:IPhone3GS_Logicboard.jpg
- Rechts Logicbaord iPhone, Jojhnjoy, Wikipedia, online: https://de.wikipedia.org/wiki/Apple-A6#/media/File:S5L8960-SoC-Apple-A6.JPG

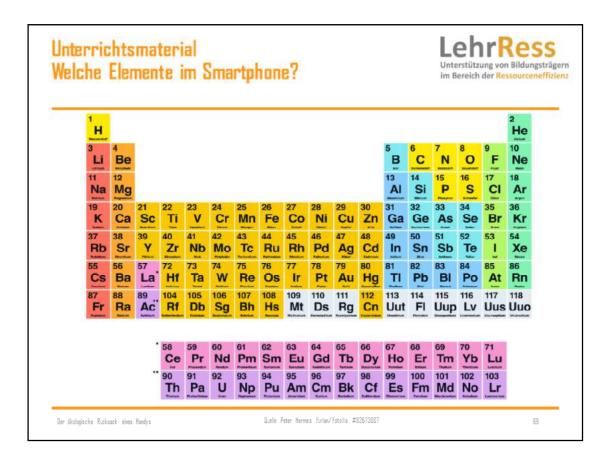


Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Die Folie zeigt die stoffliche Zusammensetzung eines Smartphones. Wie zu sehen ist, sind es vor allem Kunststoffe, Gläser und Metalle. Besonders wichtig ist die Metallvielfalt, die zusammen nur ein Prozent des Gewichts ausmacht. Dies wird in der nächsten Folien vertieft.

Quelle

 informationszentrum-mobilfunk.de, Stand November 2015, online unter: http://informationszentrum-mobilfunk.de/rohstoffe-im-handy-die-inneren-werte-zaehlen#header

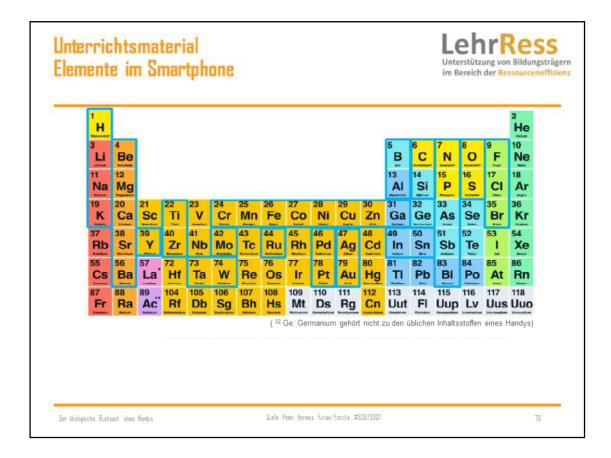


Die Folie dient der Illustration der Frage nach den Elementen, die im Handy aufzufinden sind. Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Frage: "Welche Stoffe sind in einem Handy?"

- Diese Folie sollte der/die Dozent/-in als Handout für sich ausdrucken.
- Ziel ist es, dass die Lernenden verstehen, dass unsere heutigen technischen (Elektro-)Produkte äußerst komplex sind. Wir sehen die Kunststoffe – die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und häufig Sauerstoff (teilweise Stickstoff) bestehen, die Metallbauteile (Aluminium, Stahl) sowie Gläser (Calcium-Natrium-Siliziumoxide). Vor allem in der Elektronik verbergen sich viele Elemente des Periodensystems.
- Der/die Dozent/-in stellt die Frage:
- Welche Stoffe / Elemente sind einem Handy?
- Sie/er notiert die genannten Elemente auf seinem Ausdruck.

Bildquelle (mit eigener Bearbeitung):

• Fotolia (o.J.): Periodensytem der Elemente. Datei: #82673007 | Urheber: Peter Hermes Furian. Online: https://de.fotolia.com/id/82673007



Die Abbildung zeigt die Elemente, die sich in einem Handy befinden (blau umrandet).

Es sind ca. 45 Elemente aus den Hauptgruppen.

Wichtige mengenmäßig bedeutende Elemente sind:

- Aluminium (Gehäuse)
- Lithium und Kobalt (Lithium-Ionen-Batterie)
- Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (Kunststoffe)
- Kupfer (Kabel, Leiterbahnen)
- Silizium, Calcium, Natrium, Kalium, Sauerstoff (Gläser)

Anschließend wird zur Frage übergeleitet, welche Elemente (Stoffe) in welchen Mengen vorkommen.

Hinweis für den/die Dozent/-in:

Eigentlich enthalten die Gläser aufgrund des Herstellungsprozesses Natrium und Calcium. Hagelücken (2011) und Wuppertalinstitut (2013) sparen diese Metalle jedoch aus.

Quellen für die Elemente in einem Handy

- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag.
- Informationszentrum Mobilfunk o.J: Lebenszyklus eines Handys. Online: http://informationszentrum-mobilfunk.de/lebenszyklus-eines-handys-und-oekologischer-rucksack#header
- Merkel, W. (2012): Wie das kratzfeste Smartphone-Display entsteht. Online. https://www.welt.de/wissenschaft/article107911368/Wie-das-kratzfeste-Smartphone-Display-entsteht.html.
- Statista (div. Jahre): Zusammensetzung von Smartphones. Online: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164028/umfrage/bestandteile-eines-mobiltelefons-nach-materialien/
- Hagelücken, C. (2011): "Recycling von Handys Kreislaufwirtschaft der Edel- und Sondermetalle." Umicore, Hanau. Zit. nach Wuppertalinstitut 2013.
- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf

Bildquelle (mit eigener Bearbeitung):

 Fotolia (o.J.): Periodensytem der Elemente. Datei: #82673007 | Urheber: Peter Hermes Furian. Online: https://de.fotolia.com/id/82673007



Modul 3 - Die Relevanz der Mengen

Ziel:

- Relevanz der Metalle herausarbeiten
- Diskrepanz zwischen geringen Einzelmengen und großen Gesamtmengen erfassen

Der ökologische Rucksack eines Handys

П

Unterrichtsmaterial Ausgewählte Metalle, Smartphone



Bement	GewAnteil %	Verwendung
Kupfer	10-15%	Leiterplatte, Verbindungen, Kontakte (Legierungen)
Silizium	10-15%	Mikrochips, Glas, auch als Kunststoff (Silikone)
Aluminium	4-9%	Rahmen, Abdeckungen, Befestigungen (Gehäuse für Batterien: Anteil bis 20%)
Kobalt	~ 4%	Elektroden der Lithium-Ionen-Batterie
Lithium	3 – 4%	Elektrolyt in der Lithium-lonen-Batterie
Eisen	~ 3%	Federn, Schrauben
Silber	0,16%	Leitfähige Kleber, Kontaktbahnen der Platine
Gold	0.024%	Beschichtung der Kontakte und Steckverbindungen
Palladium	0,005%	elektrische Kontakte und Kondensatoren
Tantal	~ 0.004%	Mikrokondensatoren
Platin	< 0,001%	Hochbelastete Kontakte auf der Leiterplatte
Indium	~ 0.002%	Touchscreen (durchsichtige Leiterbahnen)
Gallium	~ 0.0013%	Elektronik (optische-elektrische Signalumwandlung)

Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle: Eigene Darstellung nach Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expediton, Springer-Verlag

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Die Tabelle stellt ausgewählte Metalle in einem Smartphone vor. Sie zeigt, dass viele Elemente nur in sehr, sehr geringen Mengen vorkommen.

Der/die Dozent/-in kann die folgende Frage stellen:

• Welches sind hierbei die teuren Metalle?

Die Antworten wären Silber, Gold, Palladium, Platin, Tantal, Indium und Gallium.

Dann kann die nächste Frage gestellt werden:

· Wie schätzt ihr die Möglichkeit zum Recycling ein?

Angesichts der sehr geringen Mengen ist ein Recycling schwierig, aber nicht unmöglich. In der Natur sind die Konzentrationen der zuvor genannten Stoffe in vergleichbarer Größe.

Hinweis für den/die Dozent/-in:

Wesentlich für ein Recycling ist, dass zum einen die großen Stoffmengen wie Gehäuse, Glas oder Batterie entfernt werden und die Bauteile, welche die teuren Rohstoffe enthalten, konzentriert werden. Dann vereinfacht sich das Recycling durch metallurgische Prozesse.

Quelle für Elemente in einem Handy

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag.

Unterrichtsmaterial Gold in Smartphones in 2015



Berechnen Sie:

Wieviel Gold wurde für die in 2015 verkauften Smartphones (Deutschland und weltweit) benötigt, und wieviel kostete es?

(Am einfachsten ist es, zur Berechnung Kilogramm als Einheit zu verwenden)

- 1 Kilo Gold = 32.15 Feinunzen Gold
- Goldpreis pro Feinunze (12/2016): 1184 USD (US Dollar)
- Im Jahr 2015 wurden weltweit ca. 1.432.900.000 Smartphones verkauft, in Deutschland allein waren es etwa 26.200.000
- Ein Smartphone enthält etwa 30 mg Gold

Der ökologische Rucksack eines Handys

73

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Aufgabe vor.

Im Gegensatz zu diesen sehr niedrigen Prozentzahlen stehen Menge und Wert der Metalle die in der Summe der Geräte verbaut werden. Die Schüler und Schülerinnen berechnen die Gold und Kupfer-Gehalte der in Deutschland und weltweit in 2015 hergestellten Smartphones, sowie den Wert, den diese Metall-Mengen auf dem Weltmarkt hatten.

Die Rechnungen sind mittels der Grundrechenarten ermittelbar, zusätzlich benötigt wird nur das Grundwissen der Umrechnung von Milligramm in Kilogramm (1mg = 0,001g = 0,000001kg daher sind 30 mg = 0,000030kg). Die Unterschiede in den Angaben Vortragsfolien vs. Arbeitsblatt resultieren aus EURO bzw. USD – Angaben. Wegen der starken Kursschwankungen der Weltmarktpreise für Metalle sind die Werte als indikativ zu betrachten.

Durch die Berechnung wurde herausgearbeitet, dass erhebliche Mengen an Rohstoffen eingesetzt werden, um die Produktion von Handys zu ermöglichen. Die Abbildung zeigt, dass dies auch für andere Metalle relevant ist.

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal Institut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012, online unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.finanzen.net/rohstoffe/ bzw. http://www.boerse.de/rohstoffpreise

Unterrichtsmaterial Gold in Smartphones in 2015



Lösung der Berechnung für Gold:

- 1 Kilo Gold kostet: 1184 USD x 32,15 Feinunzen = 38.065,60 USD
- 30 mg Gold = 0,00003 kg Gold
- Weltweiter Verbrauch:
 1.432.900.000 x 0.00003 kg = 42.987 kg Gold
- Preis: 42.987 kg x 38.065,60 USD = 1.636.325.947,20 USD

Weltweit wurden 42.987 kg Gold verbraucht um Smartphones herzustellen. Auf dem Weltmarkt war dieses Gold 1.636.325.947.20 USD wert.

Die Werte für Deutschland sind:

- Verbrauch: 26.200.000 x 0,00003 kg = 786 kg Gold
- Preis: 786 kg x 38.065,60 = 29.919.561,60 USD

Der ökologische Rucksack eines Handys

74

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Das Blatt zeigt die Berechnung der Aufgaben.

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal Institut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012, online unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.finanzen.net/rohstoffe/ bzw. http://www.boerse.de/rohstoffpreise

Unterrichtsmaterial Kupfer in Smartphones in 2015



Berechnen Sie zum Vergleich Menge und Wert des eingesetzten Kupfers:

- Preis für Kupfer: 5750 USD pro t (1t=1000 kg)
- Ein Smartphone wiegt ca. 80g, und enthält 15% Kupfer
 12 g Kupfer pro Smartphone
- Im Jahr 2015 wurden weltweit ca. 1.432.900.000 Smartphones verkauft, in Deutschland allein waren es etwa 26.200.000

Der ökologische Rucksack eines Handys

75

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Aufgabe vor.

Analog zur Aufgabe Berechnung der Goldmengen werden nun dieselben Werte für Kupfer herausgearbeitet. Ziel der Berechnung ist es, darzustellen, dass

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal Institut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012, online unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.finanzen.net/rohstoffe/ bzw. http://www.boerse.de/rohstoffpreise

Unterrichtsmaterial Kupfer in Smartphones in 2015



Lösung der Berechnung für Kupfer:

- 1.432.900.000 x 0,012 kg = 17.194.800 kg Kupfer = 17.194,8 Tonnen Kupfer
- 17.194,8t x 5750,0 USD pro t = 98.870.100 USD

Weltweit wurden 17.194,8 Tonnen, also 17.194.800 kg Kupfer verbraucht um Smartphones herzustellen. Auf dem Weltmarkt war dieses Kupfer 98.870.100 USD wert

Die Werte für Deutschland sind:

- 26.200.000 x 0.012 kg = 314.400 kg Kupfer = 314,4 Tonnen Kupfer
- 5750,0 USD pro t = 1.807.800 USD

Der ökologische Rucksack eines Handys

76

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Das Blatt zeigt die Berechnung der Aufgaben.

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal Institut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012, online unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.finanzen.net/rohstoffe/ bzw. http://www.boerse.de/rohstoffpreise

Unterrichtsmaterial Mengen weltweiter Verbrauch



Vergleichen Sie nun die Mengen der Metalle, die weltweit eingesetzt werden mit den geringen Mengen, die in einzelnen Handys verbaut werden:

	je Handy (Stück) in mg	je Smartphone (Stück) in mg	Gesamt in Smartphones (Verkauf 2015*, in t)	Gesam tpreis 2016 Smartphones
Gold	24	30	43	1.600 Mio.€
Silber	250	305	436	230 Mio.€
Platin	< 0,9	< [,]	1,6	46 Mio.€
Palladium	9	1	13	7,7 Mio.€
Indium	1,8	2,2	3,1	1,3 Mio.€
Tantal	3,6	4,4	6,3	0,72 €
Cobalt	4,4	5.2	7,4	0,20 €

Der ökologische Rucksack eines Handys

Quelle Statista 2015

77

Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

- Die Tabelle zeigt, wie sich die geringen Mengen in den Smartphones zu großen Mengen summieren,
- In einem herkömmlichen Handy sind ca. 250 Milligramm Silber, 24 Milligramm Gold und 9 Milligramm Palladium enthalten.
- Für Smartphones geht man von höheren Werten aus. Schätzungen zufolge enthält ein Gerät mit einem Gewicht von 110 Gramm ca. 305 Milligramm Silber, 30 Milligramm Gold und 11 Milligramm Palladium.
- Hochgerechnet auf den von Statista ermittelten Absatz von 1,43 Mrd Smartphones (nicht Handys) weltweit, ergeben sich somit Rohstoffbedarfe von 436 t Silber, 43 t Gold und 13 t Palladium im Jahr 2015.
- Preislich besonders relevant sind die Werte für Gold und Silber mit 31 bzw. 4,5 Millionen Euro sowie für Platin mit 0,9 Millionen.
- Diese Zahlen zeigen auch, dass ein Recycling insbesondere dieser werthaltigen Stoffe besonders wichtig ist.

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Statista 2015: Smartphone-Absatz 2015. Online https://de.statista.com/themen/581/smartphones/
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Fachbericht 2012. Online: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commercedownloads/30038.pdf
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedion. Springer-Verlag (andere Elemente)
- Preise gemäß http://www.boerse.de/rohstoffpreise
 (Daten für Edelmetalle Gold, Silber, Palladium)



Modul 4 - Lebenszyklus von Metallen

Ziel:

- Darstellung der Vielzahl an Stoffen, die im Prozess der Herstellung eines Metalls zugeführt werden
- Darstellung der Vielzahl an Abfallstoffen

Der ökologische Rucksack eines Handys

78



Bildquellen:

Bild 1: Alter Stollen mit Huntslauf des Silberbergwerks Suggental; Von Christian Rößler - Eigenes

Werk, Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1184600

Bild 2: Stabstahl; Von Cdang - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15671073

Bild 3: Fotolia (o.J.): "Electronic circuit board close up". Datei: #137357920. Urheber: vizland.

Online: https://de.fotolia.com/id/137357920

Bild 4: Fotolia (o.J.): " Work site at the largest gold mine Work site at the largest gold mine ".

Datei: #115106681. Urheber: pomphotothailand. Online: https://de.fotolia.com/id/115106681

Bild 5: Fotolia (o.J.): "Choose mobile phone. Heap of the different smartphones with diff". Datei:

#136690703. Urheber: Maksym Yemelyanov. Online: https://de.fotolia.com/id/136690703

Bild 6: Hochofenabstich (21. Jahrhundert); Von Třinecké železárny, Attribution,

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2941464

Bild 7: Handyschrott; Von MikroLogika - own work, photograph, CC BY-SA 3.0,

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7609303

Bild 8: Electronic Waste Monster: Von Rudolph.A.furtado - Eigenes Werk, CCO,

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24568229

Bild 9: Halbzeuge: Verschiedene Rohre in einem Lager; Von Hermes Perez e Hijos SRL - Eigenes

Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19441828

Bild 10: Fotolia (o.J.): "金の鋳造 Casting of the bar of the gold". Datei: #77780641. Urheber:

norikko. Online: https://de.fotolia.com/id/77780641

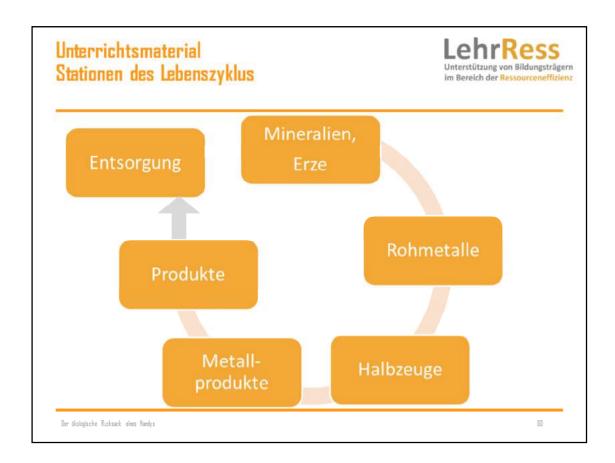
Bild 11: Schönauer Schulmöbelfabrikation und Metallwaren GmbH (2016), Metallprodukte,

Online: http://www.ssm-schoenau.de/toptencms/dateien/metallprodukte/schulmoebel-

1347969463.jpg

Bild 12: Handy mit Kabel; Von Reinraum - Eigenes Werk, Gemeinfrei,

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7159220



Der Lehrende / die Lehrende erläutert die Folie.

Ziel

In diesen Schritt sollen die Lernenden verstehen, dass alle Materialien eine Herstellungsphase durchlaufen, die mit den Rohmaterialien beginnt.

Die Prozessschritte zur Herstellung von Produkten sind:

- **Mineralien und Erze:** Der erste Schritt ist die Gewinnung von Mineralien (v.a. Metalloxide, carbonate, -sulfide) und Erzen (v.a. Metalle) mittels Bergbau.
- Rohmetalle: Anschließend erfolgt die Verhüttung der Mineralien und Erze zur Herstellung der Rohmetalle.
- **Halbzeuge:** Im dritten Schritt erfolgt die Herstellung der Halbzeuge wie z.B. von Rohren, Platten oder Bändern.
- **Metallprodukte:** Aus den Halbzeugen werden über sehr unterschiedliche Prozesse und Verfahren die Metallprodukte hergestellt. Beispiele sind standardisierte Produkte wie Schrauben, Drähte oder Klemmen, aber auch spezielle Produkte z.B. wie Metallrahmen für Smartphones.
- Produktherstellung: Der letzte Schritt ist die Herstellung der Produkte (Smartphone).
- Entsorgung: Nach der Nutzung fallen die Produkte als Abfälle an und werden der Entsorgung zugeführt.

Hinweis

- 1. Zunächst werden nur die einzelnen Schritte angerissen,
- 2. dann beispielhaft an einem Element (hier Kupfer, nächste Folie) erläutert
- 3. auf der nächsten Folien erfolgt der Hinweis, dass alle Prozessschritte Energie und Ressourcen benötigen und mit Emissionen und Abfällen verbunden sind
- 4. Um dann die Idee des ökologischen Rucksacks vorzustellen.



Der Lehrende / die Lehrende erläutert die Folie.

Ziel

In diesen Schritt sollen die Lernenden verstehen, dass alle Materialien eine Herstellungsphase durchlaufen, die mit den Rohmaterialien beginnt.

Die Prozessschritte zur Herstellung von Produkten sind:

- Mineralien und Erze: Der erste Schritt ist die Gewinnung von Mineralien (v.a. Metalloxide, carbonate, -sulfide) und Erzen (v.a. Metalle) mittels Bergbau.
- Rohmetalle: Anschließend erfolgt die Verhüttung der Mineralien und Erze zur Herstellung der Rohmetalle.
- **Halbzeuge:** Im dritten Schritt erfolgt die Herstellung der Halbzeuge wie z.B. von Rohren, Platten oder Bändern.
- **Metallprodukte:** Aus den Halbzeugen werden über sehr unterschiedliche Prozesse und Verfahren die Metallprodukte hergestellt. Beispiele sind standardisierte Produkte wie Schrauben, Drähte oder Klemmen, aber auch spezielle Produkte z.B. wie Metallrahmen für Smartphones.
- Produktherstellung: Der letzte Schritt ist die Herstellung der Produkte (Smartphone).
- Entsorgung: Nach der Nutzung fallen die Produkte als Abfälle an und werden der Entsorgung zugeführt.

Hinweis

- 1. Zunächst werden nur die einzelnen Schritte angerissen,
- 2. dann beispielhaft an einem Element (hier Kupfer, nächste Folie) erläutert
- 3. auf der nächsten Folien erfolgt der Hinweis, dass alle Prozessschritte Energie und Ressourcen benötigen und mit Emissionen und Abfällen verbunden sind
- 4. Um dann die Idee des ökologischen Rucksacks vorzustellen.



Modul 5 - Lebenszyklus und ökologischer Rucksack

Ziel:

- Einführung des Konzeptes des ökologischen Rucksacks
- Begreifbar machen der eingesetzten Ressourcen durch Erfahrung des Gewichtes

Der ökologische Rucksack eines Handys

82



Die Folie stellt die Aufgabe für die Lernenden dar.

- Der Lehrende/die Lehrende gibt die Arbeitsblätter 5.1, 5.2 und 5.3 aus..
- Die Lernenden sollen sich sich das Blatt 5.1 durchlesen.
- Sie sollen die Nebenprodukte aus dem Blatt 5.2 ausschneiden.
- Sie sollen diese Nebenprodukte auf dem Blatt 5.3 einordnen
- (Alternativ: Sie tragen die richtigen Nummern der Nebenprodukte auf dem Blatt 5.3 ein)



Der Lehrende / die Lehrende erläutert die Folie.

Die Folie zeigt die korrekte Zuordnung der Hilfststoffe und Abfallprodukte in dem Lebenszyklus

LehrRess Unterstützung von Bildungsträge im Bereich der Ressourceneffizie

Die Folie dient zur Diskussion der Frage nach einer Definition des ökologischen Rucksacks. Eine mögliche Antwort ist: Der ökologische Rucksack ist die sinnbildliche Darstellung der Ressourcen, die für die Herstellung (und Nutzung) eines Produktes gebraucht werden

Unterrichtsmaterial Was ist der ökologische Rucksack?



Der ökologische Rucksack ist:

Die sinnbildliche Darstellung der Ressourcen, die für die Herstellung (und Nutzung) eines Produktes gebraucht werden

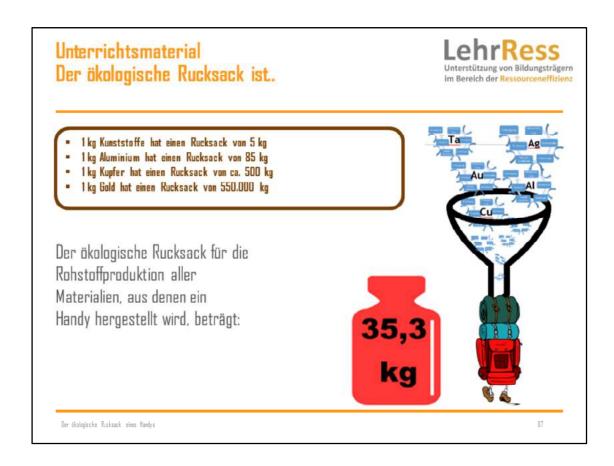
Der ökologische Rucksack eines Handys

38

Die Folie stellt die Antwort auf die Frage nach dem ökologischen Rucksack dar.

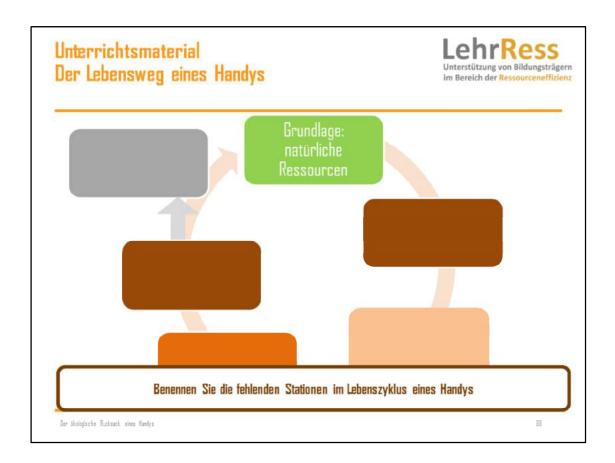
Quellen und weitere Informationen

- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag
- Wikipedia (o.J.): Ökologischer Rucksack. Online: https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Rucksack (Daten u.a. nach Nordmann 2015)



Die Folie dient der Illustration des ökologischen Rucksacks der Metalle eines Handys.

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertal Institut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", online unter: Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag
- Wikipedia (o.J.): Ökologischer Rucksack. Online: https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Rucksack (Daten u.a. nach Nordmann 2015)



Die Lernenden sollen die fehlenden Stufen benennen. Die Antworten sind:

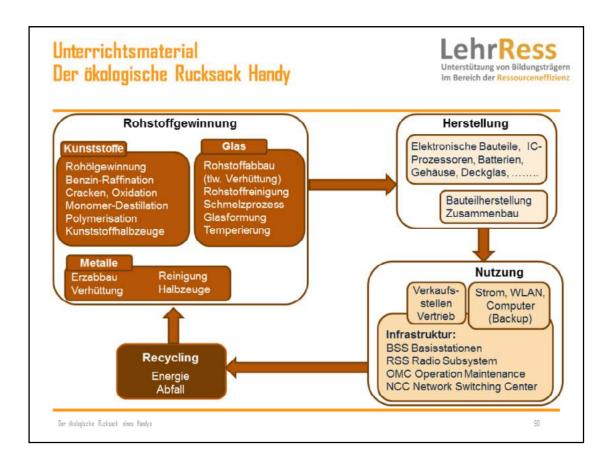
- Rohstoffgewinnung
- Herstellung
- Nutzung
- Recycling
- Entsorgung



Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Die Folie zeigt die richtige Benennung der Stufen im Lebenszyklus eines Handys:

- Rohstoffgewinnung
- Herstellung
- Nutzung
- Recycling
- Entsorgung



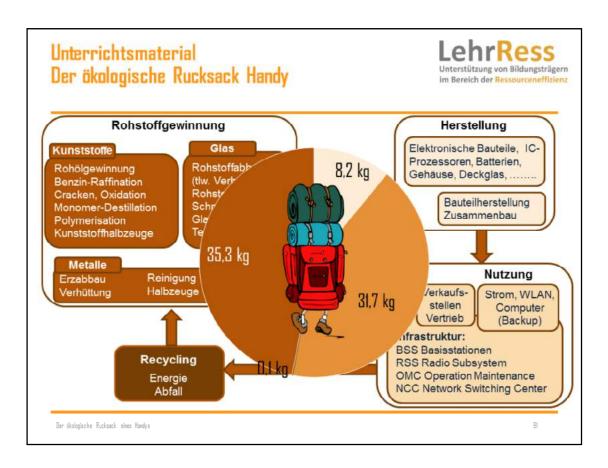
Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Der ökologische Rucksack eines ganzen Handys berechnet sich dann aus der Summe aller ökologischen Rucksäcke der Bestandteile des Handys. Für jeden Bestandteil gibt es die Bereiche Rohstoffgewinnung (z.B. Metalle) und die Herstellung der Bauteile (z.B. Litzen). Dieser Herstellungsschritt umfasst auch den eigentlichen Bau der Produkte. Ein weiterer Bereich ist der ökologische Rucksack für die Nutzung des Gerätes. Denn viele Strukturen sind notwendig, um ein Handy zu nutzen: von den Basisstationen des Mobilfunknetzes über die Rechenzentren zur Netzsteuerung oder der Kundenabrechnung (s.a. die Zusatzfolien am Ende). Selbst das Recycling des Gerätes erfordert einen, wenn auch vergleichsweise geringen Rohstoffeinsatz. Anschließend stellt der/die Dozent/-in die Frage:

Wie groß ist der ökologische Rucksack eines Handys?

Weitere Informationen

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag
- Wikipedia (o.J.): Ökologischer Rucksack. Online: https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Rucksack (Daten u.a. nach Nordmann 2015)



Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Folie vor.

Hinweis an der/die Dozent/-in:

Der Wert des ökologischen Rucksacks ist vor allem zu Bildungszwecken zu sehen. Er illustriert wie groß der Ressourcenaufwand für die Nutzung eines (Alltags-)Produkts ist. Aus einer wissenschaftlichen und (umwelt-)politischen Perspektive werden andere Indikatoren verwendet. Aufgrund der Verfügbarkeit von Ressourcenrechnern eignet sich dieser Indikator jedoch für die Umweltbildung sehr gut.

Für die vier Bereiche gibt es folgende Rucksäcke:

Rohstoffgewinnung: 35,3 kg

Herstellung: 8,2 kgNutzung: 31,7 kgRecycling: 0,1 kg

Insgesamt ist der Rucksack somit 75,3 kg schwer.

- Wuppertal-Institut 2012: Die Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: http://wupperinst.org/uploads/Rohstoffexpedition. Springer Verlag.
- Wuppertalinstitut (2013): "Fact Sheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit", Online: http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf
- Nordmann u.a. (2015): Die Rohstoff-Expedition. Springer-Verlag
- Wikipedia (o.J.): Ökologischer Rucksack. Online: https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Rucksack (Daten u.a. nach Nordmann 2015)





Hinweis: Der Lehrende / die Lehrende stellt die Frage:

· Welche Handlungsotionen kennen Sie?

Die Handlungsoptionen sind (Erläuterung nächste Folie):

"Reduce" - Den Ressourcenverbrauch an der Quelle reduzieren

Das Mobilgerät nutzen bis es wirklich nicht mehr geht, leistet den größten Beitrag zur Ressourcenschonung!!! Um die Lebensdauer eines Smartphones zu verlängern, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden: Der Einsatz von Schutzhüllen vermindern die Bruchgefahr; extreme Kälte- oder Hitze-Einwirkungen auf das Handy sollten vermieden werden; bereits beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass recycelte Materialien in der Produktion eingesetzt wurden (das Umweltbundesamt verweist dazu auf http://www.ecotopten.de); Universal-Ladegeräte vermindern Duplikationen und den Bedarf an spezieller Gerätschaft. Zudem kann es zur Ressourcenschonung beitragen z.B. ungenutzte Programme, die im Hintergrund laufen, zu deaktivieren und Stromsparfunktionen zu nutzen.

"Re-use" – Wiederverwenden und Ressourcen so lange nutzen wie möglich

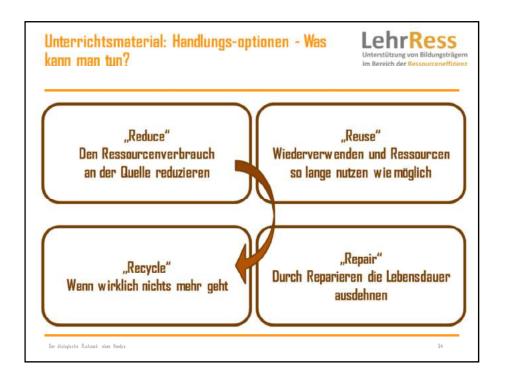
Ungenutzte Geräte sollten nicht einfach weggeworfen werden und auch nicht langfristig gelagert werden. Auf keinen Fall sollte es in den Hausmüll entsorgt werden. Wenn ein Gerät nicht mehr genutzt wird, sollte vielmehr dafür gesorgt werden, dass eine andere Personen es benutzen kann. Das kann intrafamiliär geschehen (z.B. könnte die ältere Generation das "neue Alte" der jüngeren Generation übernehmen – und hat damit gleich eine/-n persönliche/-n Ratgeber/-in zur Hand), im Freundeskreis oder per Verkauf (z.B. über das Internet). Dabei sollte auf seriöse Anbieter geachtet werden, da sonst ggf. nur wertvolle Bestandteile entnommen werden und ansonsten schwer verwertbarer Elektronikschrott anfällt.

"Repair" – Durch Reparieren die Lebensdauer ausdehnen

Auch, wenn es sich nicht zu lohnen scheint oder Sie das Gerät nicht mehr nutzen möchten, sollten Handys und Smartphones repariert werden. Dadurch verbessert sich der Wiederverkaufswert und die Wahrscheinlichkeit, dass das Gerät weiter benutzt wird ist maßgeblich höher.

"Recycle" – wenn wirklich nichts mehr geht

Wenn ein Gerät wirklich nicht mehr weiter benutzt werden kann, sollte es der fachgerechten Entsorgung zugeführt werden. Viele Umweltschutzorganisationen bieten Handy-Sammeldienste an. Die offiziellen Abfallentsorgungsunternehmen bieten in der Regel Recycling für Handys an, wie auch die Mobilfunkanbieter. Bei anderen Verwertern sollte geprüft werden, was genau mit dem Gerät passiert. Von unseriösen Anbietern werden möglicherweise die wertvollen und einfach zu verwertenden Bestandteile des Handys entnommen und der verbleibende Anteil entweder gar nicht entsorgt oder zu schwer verwertbarer Elektronikschrott gemacht. In jedem Falle sollten Speichermedien entfernt werden, Speicher gelöscht und das Gerät auf Werkeinstellungen zurückgesetzt werden.



Der Lehrende / die Lehrende erläutert die Folie.

"Reduce" - Den Ressourcenverbrauch an der Quelle reduzieren

Das Mobilgerät nutzen bis es wirklich nicht mehr geht, leistet den größten Beitrag zur Ressourcenschonung!!! Um die Lebensdauer eines Smartphones zu verlängern, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden: Der Einsatz von Schutzhüllen vermindern die Bruchgefahr; extreme Kälte- oder Hitze-Einwirkungen auf das Handy sollten vermieden werden; bereits beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass recycelte Materialien in der Produktion eingesetzt wurden (das Umweltbundesamt verweist dazu auf http://www.ecotopten.de); Universal-Ladegeräte vermindern Duplikationen und den Bedarf an spezieller Gerätschaft. Zudem kann es zur Ressourcenschonung beitragen z.B. ungenutzte Programme, die im Hintergrund laufen, zu deaktivieren und Stromsparfunktionen zu nutzen.

"Reuse" - Wiederverwenden und Ressourcen so lange nutzen wie möglich

Ungenutzte Geräte sollten nicht einfach weggeworfen werden und auch nicht langfristig gelagert werden. Auf keinen Fall sollte es in den Hausmüll entsorgt werden. Wenn ein Gerät nicht mehr genutzt wird, sollte vielmehr dafür gesorgt werden, dass eine andere Personen es benutzen kann. Das kann intrafamiliär geschehen (z.B. könnte die ältere Generation das "neue Alte" der jüngeren Generation übernehmen – und hat damit gleich eine/-n persönliche/-n Ratgeber/-in zur Hand), im Freundeskreis oder per Verkauf (z.B. über das Internet). Dabei sollte auf seriöse Anbieter geachtet werden, da sonst ggf. nur wertvolle Bestandteile entnommen werden und ansonsten schwer verwertbarer Elektronikschrott anfällt.

"Repair" – Durch Reparieren die Lebensdauer ausdehnen

Auch, wenn es sich nicht zu lohnen scheint oder Sie das Gerät nicht mehr nutzen möchten, sollten Handys und Smartphones repariert werden. Dadurch verbessert sich der Wiederverkaufswert und die Wahrscheinlichkeit, dass das Gerät weiter benutzt wird ist maßgeblich höher.

"Recycle" - wenn wirklich nichts mehr geht

Wenn ein Gerät wirklich nicht mehr weiter benutzt werden kann, sollte es der fachgerechten Entsorgung zugeführt werden. Viele Umweltschutzorganisationen bieten Handy-Sammeldienste an. Die offiziellen Abfallentsorgungsunternehmen bieten in der Regel Recycling für Handys an, wie auch die Mobilfunkanbieter. Bei anderen Verwertern sollte geprüft werden, was genau mit dem Gerät passiert. Von unseriösen Anbietern werden möglicherweise die wertvollen und einfach zu verwertenden Bestandteile des Handys entnommen und der verbleibende Anteil entweder gar nicht entsorgt oder zu schwer verwertbarer Elektronikschrott gemacht. In jedem Falle sollten Speichermedien entfernt werden, Speicher gelöscht und das Gerät auf Werkeinstellungen zurückgesetzt werden.

Unterrichtsmaterial: Handlungs-optionen - Was kann man tun?



Überlegen Sie, wie Sie selbst den Verbrauch an Ressourcen vermindern können (Gruppenarbeit, 4 Gruppen, mit Präsentation)

Der ökologische Rucksack eines Handys

95

Der Lehrende / die Lehrende fordert die Schüler/Schülerinnen auf, sich zu überlegen, wie sie selbst den Verbrauch an Ressourcen mindern können.

Nach folgende Folie kann eingeblendet werden mit spezifischen Fragestellungen.

Unterrichtsmaterial: Handlungs-optionen - Was kann man tun?



Reduce: Wie können Sie sich verhalten, oder welche Hilfen können Sie einsetzen? Auf welche verschiedenen Ressourcen, die im Zusammenhang mit dem Handy benutzt werden, haben Sie Einfluss?? Können Sie überhaupt mit ihrem Verhalten beeinflussen, wie viele Handys benutzt werden?

Reuse: Wie können Sie erreichen, dass die Ressourcen, die für die Produktion Ihres Handys eingesetzt wurden so lange als nur möglich genutzt werden (damit nicht so schnell wieder ein neues Handy produziert werden muss)? Versuchen Sie, mehrere Möglichkeiten zu entwickeln.

Repair: Welchen Einfluss hat das Reparieren eines Gerätes auf den Ressourcenverbrauch? Welche Vorteile sind mit einer Reparatur verbunden – und welche Nachteile?

Recycle: Erklären Sie kurz, warum das Recycling wichtig ist. Fallen Ihnen unterschiedliche Möglichkeiten ein, an wen man das Gerät zum recyceln geben könnte? Was könnte problematisch sein, wenn man das kaputte Handy an nicht seriöse "Recycler" gibt? Überlegen Sie auch, was man beachten sollte bevor man sein Handy zum Recyceln gibt!

Der ökologische Rucksack eines Handys

98

Der Lehrende / die Lehrende erläutert die Folie.

Diese Folie stellt die Handlungsoptionen dar..



Abschluss: Frage an die Lernenden / kurzes Unterrichtsgespräch

Zum Schluss können die Fragen:

- Was haben wir gelernt?
- Was ist mir wichtig?

gestellt werden.



- Die Folie zeigt das BilRess-Netzwerkteam.
- Obere Reihe: Dr. Michael Scharp, Angelika Wilhelm-Rechmann (PhD) und Stefan Kunterding
- Untere Reihe: Holger Rohn undJaya Bowry