

**Was ist graue Energie?**

**Wie viel Energie steckt in einem Handy?**

**Welche Rohstoffe werden in der Erzeugung verwendet?**

*Graue Energie ist eine spannende Sache. Sie steckt in jedem Produkt, wird aber kaum beachtet. Zum Beispiel ist das kleine Wunderding - das Handy - voll grauer Energie.*

Der Begriff „Graue Energie“ wird im Internet recherchiert. Es werden die Inhaltsstoffe, Transportwege und der Energieeinsatz für die Produktion von Handys erarbeitet. Der bewusste Einsatz von elektronischen Geräten wird diskutiert.



Foto: Garry Knight, Wiki Commons

**Ort**

Klassenraum

**Schulstufe**

9. bis 13. Schulstufe

**Gruppengröße**

Klassengröße

**Zeitdauer**

2 Schulstunden

**Lernziele**

- ▶ Erklären können, was unter „Grauer Energie“ verstanden wird
- ▶ Unterschiedliche Bestandteile eines Handys und deren Inhaltsstoffe kennen lernen
- ▶ Sich des Energieaufwands bei der Erzeugung von Smartphones bewusst werden
- ▶ Sich mit dem bewussten Umgang mit Elektrogeräten auseinandersetzen

## Sachinformation

Graue Energie begegnet uns im Alltag ständig. Begonnen bei den Nahrungsmitteln, dem Verpackungsmaterial bis zu den Haushaltsgeräten und dem Haus selbst. Sie ist jene Energie, welche nicht während des Gebrauchs, sondern für die Herstellung, den Transport, die Entsorgung eines Produktes und der Erbringung einer Dienstleistung (zB für den Vertrieb) aufgewendet wird.

Graue Energie wird dem fertigen Produkt nicht mehr direkt angesehen, wodurch der aufgebrauchte Energieeinsatz meistens nicht beachtet wird.

Bei einer Produktgruppe ist der Einsatz von grauer Energie besonders hoch, nämlich bei den Elektro- und Elektronikartikeln. In ihnen steckt manchmal mehr graue Energie, als während ihrer kompletten Lebensdauer zum Betrieb benötigt wird!

### Inhaltsstoffe eines Handys

Das Handy oder Smartphone besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien, welche teilweise unter hohem Energieeinsatz abgebaut oder künstlich hergestellt werden müssen. Die typischen Rohstoffe für ein Handy sind:

- 56 % Kunststoffe (vor allem aus den Elementen C und H) für das Gehäuse, für die Leiterplatte und für Kleinteile
- 8 % Kupfer (Cu) für die Kontakte, Bauelemente und für die Bahnen auf der Platine
- 9 % Aluminium (Al) für Gehäuse und Nebenrahmen
- 8 % Eisen (Fe) für Gehäuse und Bauteile
- 5 % Siliciumdioxid (SiO<sub>2</sub>) für elektronische Bauelemente
- 4 % Silicium (Si) für elektronische Bauelemente
- außerdem: Lithium (Li) für den Akku, Nickel (Ni), Zinn (Sn), Chrom (Cr), Blei (Pb), Neodym (Nd), Zink (Zn), Silber (Ag), Palladium (Pd), Gold (Au), Antimon (Sb), Titan (Ti), Bismut (Bi), Cobalt (Co), Beryllium (Be) für Bauteile und Bildschirm

Aus allen Erdteilen (Abb. 1) werden die Materialien eines Smartphones zusammengetragen, um es schlussendlich in China (oranger Punkt) zusammenbauen zu können. Dieser Transportaufwand wird in der Grafik veranschaulicht.



Abb. 1: Transportwege von Handy-Rohstoffen aus <http://free.sourcemap.com>

Ist das Gerät zusammengebaut, wird es noch rund um den Globus für den Verkauf verschifft.

### „Energiegehalt“ des Handys

In einem modernen mobilen Telefon, dem Smartphone stecken bereits beim Kauf rund 220 kWh graue Energie.

Den größten Anteil dieses grauen Energieaufwandes beanspruchen die Rohstoffaufbringung und die Zusammensetzung des Gerätes. Der oft diskutierte Transportaufwand bis ins Geschäft fällt im Vergleich sehr gering aus:

- Vom Rohstoffabbau bis zum Bauteil
  - Hauptplatine (+Display) 91 kWh
  - Kunststoffe 1 kWh
  - Aluminium 1 kWh
  - Glas 0,5 kWh
  - Rest (Kleinteile) 2,5 kWh
- Zusammenbau 120 kWh
- Transport 4 kWh

(Quelle: WattzON-Database für das Produkt iPhone)

Das ergibt einen Gesamtaufwand von 220 kWh, (ohne Einberechnung der Entsorgung). Mit dieser Energiemenge könnte man den Akku eines Handys zwei Jahre lang aufladen.

In einem österreichischen Durchschnittshaushalt werden zwei Drittel des gesamten Energieverbrauchs in Form von grauer Energie konsumiert.

Die restliche Energie wird während der Nutzung verbraucht, in Form von Wärme, Strom und Mobilität. Je länger man ein Gerät verwenden würde, desto effizienter würde der graue Energieanteil genutzt werden. Zum Beispiel könnte ein Smartphone gut sechs Jahre verwendet werden, wenn die Qualität des Gerätes es zulässt.

### **Entsorgung und Recycling des Handys**

Grundsätzlich gehören Handys zum Elektroschrott und dürfen nicht im Hausmüll entsorgt werden. Es gibt aber oft die Möglichkeit, über diverse Spendenaktionen, zB Handyspendeboxen, Handysackerl ... sein altes Handy für einen guten Zweck weiterzugeben. Diese gespendeten Handys werden entweder wieder funktionsfähig gemacht oder fachgerecht recycelt. 40 % der Materialien eines Althandys sind sinnvoll wiederverwertbar, die Rückgabequote liegt in Österreich aber nur bei 15 %. Dadurch gehen wertvolle Rohstoffe wie Kupfer, Eisen und Gold verloren.

## **Grundbegriffe Energie**

### **Energie ...**

ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Mit ihrer Hilfe kann ein Fahrzeug in Bewegung gesetzt, eine Glühbirne zum Leuchten gebracht oder auch Wasser erwärmt werden. Die Einheit für Energie ist Joule (J).

### **Watt**

Die Leistung, die Energie hat, wird in Watt gemessen. Oft werden auch Kilowatt angegeben (kW), das sind 1000 Watt.

### **Kilowattstunde (kWh)**



Eine kWh entspricht jener Energie, welche ein System (zB Maschine, Mensch, Stromverbraucher) mit einer Leistung von 1000 Watt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt.

Um selbst 1 kWh zu erzeugen, müsste man mit dem Fahrrad (mit Generator) ca. 36 Stunden strampeln. Für die Produktion eines Handys wären es somit 7920 Stunden, ergibt 330 Tage, also fast ein Jahr.

## Didaktische Umsetzung

In dieser Unterrichtseinheit erhalten SchülerInnen Hintergrundinformationen über die graue Energie. Die Einführung in das Thema und die Erarbeitung der grundlegenden Begriffe wird mittels Internetrecherche und den Arbeitsblättern gestaltet. Um die SchülerInnen „in ihrer Welt“ abzuholen, könnten dafür die eigenen Smartphones verwendet werden. Damit die Inhaltsstoffe eines Handys anschaulich erfasst werden können, werden zusätzlich alte Handys in ihre Einzelteile zerlegt. Hierfür empfiehlt es sich in kleinen Gruppen zu arbeiten, um nicht zu viele Geräte zu zerstören. Die Transportwege der Materialien werden im Internet recherchiert und auf einem Plakat festgehalten.

Abschließend wird der kritische, bewusste Umgang mit Elektrogeräten im Alltag, vor allem auch deren Entsorgung, ausgearbeitet und gemeinsam diskutiert.

Inhalte	Methoden
<b>15 Minuten</b>	
<b>Hinführung zum Thema</b>  <i>Was ist „Graue Energie“?</i>  	<u>Material</u> Computer mit Internetzugang, Smartphone  Die SchülerInnen recherchieren den Begriff „Graue Energie“ in PartnerInnenarbeit im Internet. Dabei sollen die Hauptpunkte (Transport, Produktion, Entsorgung und Dienstleistung) erarbeitet und diskutiert werden.
<b>25 Minuten</b>	
<b>Welche Stoffe stecken in einem Handy</b>  <i>Die Inhaltsstoffe eines Handys werden erarbeitet.</i>  	<u>Material</u> pro Gruppe ein altes Handy, Feinwerkzeug, Beilage „Teile eines Handys“  Die SchülerInnen sollen von zu Hause ein altes Handy mitbringen. Dieses wird mit dem Feinwerkzeug sorgfältig auseinandergenommen. Die einzelnen Bauteile werden aufgelegt und anschließend versuchen die SchülerInnen, die verschiedenen Teile zu bestimmen.  Welche Inhaltsstoffe stecken in den verschiedenen Bauteilen?

Reise um die Welt	25 Minuten
<p><i>Die Transportwege der Inhaltsstoffe werden anschaulich dargestellt.</i></p>  <p><i>Quelle: <a href="http://free.sourcemap.com">http://free.sourcemap.com</a></i></p>	<p>Material Beilage „Transportwege der Inhaltsstoffe“, Beilage „Rohstoff-Steckbriefe“, Plakat, Faden, Stecknadeln, Computer mit Internetzugang</p> <p>In Kleingruppen werden die Rohstoffe im Internet recherchiert und Steckbriefe erstellt.</p> <p>Anschließend wird auf ein Plakat eine grobe Weltkarte gezeichnet. Die einzelnen Steckbriefe werden an das Herkunftsland gepinnt/geklebt und die Transportwege mit einem Faden nachgezogen. Es entsteht ein „Netz der grauen Energie“.</p>
Wie viel Energie steckt in einem Smartphone?	20 Minuten
<p><i>Der Energieaufwand zur Herstellung eines Handys wird erarbeitet.</i></p>  <p><i>Quelle: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=UISwl-Ex9_g">www.youtube.com/watch?v=UISwl-Ex9_g</a></i></p>	<p>Material Beilage „Wie viel Energie steckt in einem Smartphone?“, Beilage „Argumente für eine lange Nutzungsdauer“</p> <p>Der Energieaufwand zur Herstellung eines Handys wird mittels Arbeitsblatt erarbeitet. Anschließend werden Vergleiche mit der eigenen Nutzungsdauer gezogen und eine Umrechnung in „Eigenleistung“ gemacht. Wie lange müsste man Rad fahren, um die Energie für die Herstellung eines Smartphones zu erzeugen?</p> <p>Die Ergebnisse und eigenen Erfahrungen werden diskutiert.</p> <p>Die Lehrperson gibt ein Abschlussfeedback und nennt Gründe, warum elektronische Geräte möglichst lange verwendet werden sollen.</p>

## Beilagen

- ▶ Bildkarte „Teile eines Handys“
- ▶ Bildkarte „Transportwege der Inhaltsstoffe“
- ▶ Kopiervorlage und Lösung „Rohstoff-Steckbriefe“
- ▶ Arbeitsblatt und Lösung „Wie viel Energie steckt in einem Smartphone?“
- ▶ Argumentationshilfe „Argumente für eine lange Nutzungsdauer“

## Weiterführende Themen

- ▶ Geplante Obsoleszenz
- ▶ Green IT
- ▶ Handy und Strahlung

## Weiterführende Informationen

- Projekt Footprint-Schulen Steiermark  
<http://www.ubz-stmk.at/footprint/>
- Kartensammlung zum Thema Rohstoffe  
<http://sourcemap.com/>
- Datenbank für „Graue Energie“  
<http://legacy.wattzon.com/stuff>



### Noch Fragen zum Thema?

Ing.<sup>in</sup> Ulrike Auer  
Bereich Energie  
Telefon: 0043-(0)316-835404-7  
E-Mail: [ulrike.auer@ubz-stmk.at](mailto:ulrike.auer@ubz-stmk.at)

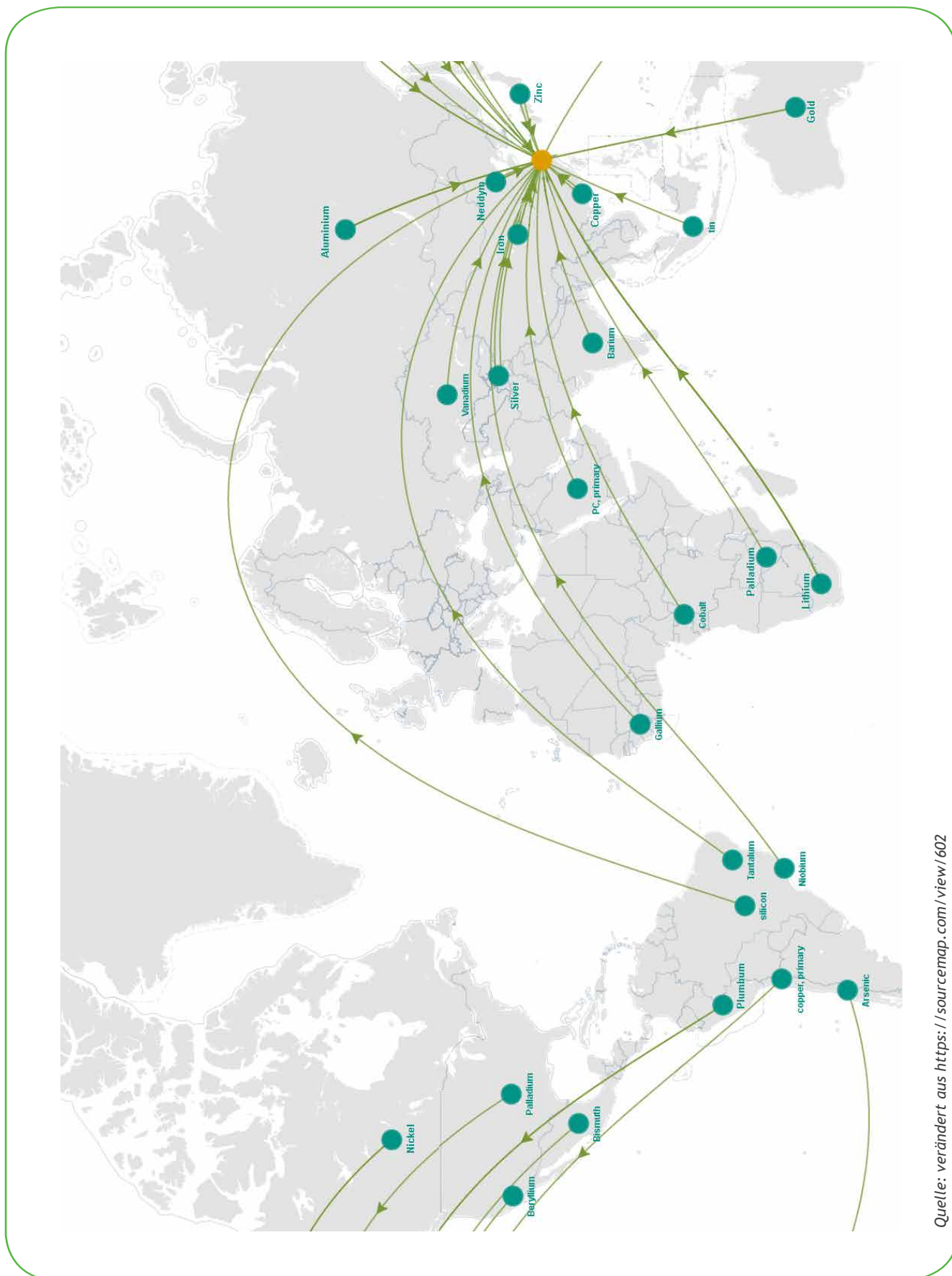


[www.ubz-stmk.at](http://www.ubz-stmk.at)

## Teile eines Handys



## Transportwege der Inhaltsstoffe



Quelle: verändert aus <https://sourcemap.com/view/602>



## Rohstoff-Steckbriefe

<p>Rohstoff:</p> <p>Chemische Formelzeichen:</p> <p>Herkunftsland:</p> <p>Herstellung:</p> <p>Preis:</p>	<p>Rohstoff:</p> <p>Chemische Formelzeichen:</p> <p>Herkunftsland:</p> <p>Herstellung:</p> <p>Preis:</p>
<p>Rohstoff:</p> <p>Chemische Formelzeichen:</p> <p>Herkunftsland:</p> <p>Herstellung:</p> <p>Preis:</p>	<p>Rohstoff:</p> <p>Chemische Formelzeichen:</p> <p>Herkunftsland:</p> <p>Herstellung:</p> <p>Preis:</p>
<p>Rohstoff:</p> <p>Chemische Formelzeichen:</p> <p>Herkunftsland:</p> <p>Herstellung:</p> <p>Preis:</p>	<p>Rohstoff:</p> <p>Chemische Formelzeichen:</p> <p>Herkunftsland:</p> <p>Herstellung:</p> <p>Preis:</p>

## Rohstoff-Steckbriefe

Material	Formelzeichen	Herkunftsland	Herstellung	Preis/kg
Gold	Au	China, Australien, USA	Cyanidlösung, Goldwäsche	32 258,06 €
Aluminium	Al	China, Russland, Kanada, Australien	Aus Bauxit durch Elektrolyse	1,30 €
Kupfer	Cu	Chile, USA, Peru, China, Australien	Aus Kupfererz durch Elektrolyse	5,33 €
Eisen	Fe	China, Japan, Russland, USA	Aus Eisenerz mittels Hochofen	1,15 €
Silizium	Si	China, USA, Deutschland	Aus Sand und Kohle im Hochofen	45,00 €
Nickel	Ni	Russland, Australien, Kanada	Aus Rohnickel durch Elektrolyse	10,23 €
Cobalt	Co	D.R. Kongo, Sambia, Australien, Kanada	Durch Rösten und Ausschwämmen mit Chlorkalk	25,00 €
Blei	Pb	China, Australien, USA, Peru	Aus Galenit durch Rösten oder Sschmelzen	1,52 €
Silber	Ag	Mexiko, China, Peru, Australien, Russland	Aus Silbererz durch Cyanidlaugerei	516,13 €
Zink	Zn	China, Australien, Peru, USA, Kanada	Aus Zinkerz durch Rösten und Schmelzen	1,37 €
Palladium	Pd	Russland, Südafrika, Kanada, USA	Aus Erz gelöst	17 419,35 €
Neodym	Nd	China	Durch Flotation und chemische Reduktion	45,00 €
Lithium	Li	Bolivien, Chile, Südafrika	Aus Salzlösungen, durch Verdunstung	3,80 €
Zinn	Sn	China, Thailand, Indonesien	Aus Erzschlamm durch Elektrolyse	1,70 €
Chrom	Cr	Südafrika, Indien, Kasachstan	Aus Chromiterz mittels Schwefelsäure	3,50 €

Stand Oktober 2013

## Wie viel Energie steckt in einem Smartphone?

In einem Smartphone stecken **220 kWh**.

- Vom Rohstoffabbau bis zur Erzeugung der Bauteile
  - > Hauptplatine (+Display) 91 kWh
  - > Kunststoffe 1 kWh
  - > Aluminium 1 kWh
  - > Glas 0,5 kWh
  - > Rest (Kleinteile) 2,5 kWh
- Zusammenbau 120 kWh
- Transport 4 kWh

Um selbst 1 kWh zu erzeugen, müsste man mit dem Fahrrad (mit Generator) ca. 10 Stunden strampeln.



Wie lange müsste man in die Pedale treten, um die Energie für ein Smartphone zu erzeugen? \_\_\_\_\_

Im Vergleich andere elektronische Geräte

Gerät	Graue Energie	Pedalen-Ritt (Dauer)
Smartphone	220 kWh	
Laptop	400 kWh	
Flat Screen	1450 kWh	

Im Vergleich der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch der Geräte

Gerät	Jahresverbrauch
Smartphone	10 kWh
Laptop	90 kWh
Flat Screen	91 kWh



Wie lange müsste ich mein Handy, meinen Laptop oder meinen Fernseher nutzen, damit ich dieselbe Energie verbraucht habe, die für die Herstellung benötigt wurde?

Smartphone: \_\_\_\_\_ Laptop: \_\_\_\_\_ Flat Screen: \_\_\_\_\_

## Wie viel Energie steckt in einem Smartphone?

In einem Smartphone stecken **220 kWh**.

- Vom Rohstoffabbau bis zur Erzeugung der Bauteile
  - > Hauptplatine (+Display) 91 kWh
  - > Kunststoffe 1 kWh
  - > Aluminium 1 kWh
  - > Glas 0,5 kWh
  - > Rest (Kleinteile) 2,5 kWh
- Zusammenbau 120 kWh
- Transport 4 kWh

Um selbst 1 kWh zu erzeugen, müsste man mit dem Fahrrad (mit Generator) ca. 10 Stunden strampeln.



Wie lange müsste man in die Pedale treten, um die Energie für ein Smartphone zu erzeugen? 2200 Stunden

Im Vergleich andere elektronische Geräte

Gerät	Graue Energie	Pedalen-Ritt (Dauer)
Smartphone	220 kWh	2200 Stunden
Laptop	400 kWh	4000 Stunden
Flat Screen	1450 kWh	14500 Stunden

Im Vergleich der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch der Geräte

Gerät	Jahresverbrauch
Smartphone	10 kWh
Laptop	90 kWh
Flat Screen	91 kWh



Wie lange müsste ich mein Handy, meinen Laptop oder meinen Fernseher nutzen, damit ich dieselbe Energie verbraucht habe, die für die Herstellung benötigt wurde?

Smartphone: 22 Jahre    Laptop: 4,4 Jahre    Flat Screen: 15,9 Jahre

## Argumente für eine lange Nutzungsdauer

### 1. Ressourcenschonung

Die Herstellung von neuen Waren ist mit großem Aufwand verbunden. Die benötigten Rohstoffe stehen uns nicht unbegrenzt zur Verfügung. Je mehr sich die Rohstoffvorräte dem Ende zuneigen, desto mehr steigt deren Wert und damit die Wahrscheinlichkeit von Rohstoffkonflikten und -kriegen an - Stichwort Blutmetalle.

### 2. Energieeffizienz

Zur Herstellung von Gütern werden enorme Mengen an Energie benötigt. Je länger die Produkte verwendet werden, umso mehr nutzen wir die bereits verbrauchte Energie. Bei einer vorschnellen Neuanschaffung wird ein großer Teil der grauen Energie „weggeworfen“. Eine längere Gerätenutzung ist sogar oftmals insgesamt effizienter als die Anschaffung eines effizienteren Neugerätes. Ein neues Smartphone braucht für den Betrieb meist mehr Energie als ein älteres Modell (größerer Bildschirm, höhere Rechenleistung).

### 3. Schadstoffbelastung

Die Gewinnung der notwendigen Rohstoffe, die Herstellung der Produkte und deren Entsorgung belasten unsere Umwelt massiv mit Schadstoffen. Bei den unterschiedlichen Abbau- und Herstellungstechniken werden hochgiftige Substanzen eingesetzt, welche die Abbaugelände kontaminieren und die dort lebenden und arbeitenden Menschen vergiften. Auch das Recycling von Elektroschrott ist stark schadstoffbelastet. Bei einigen Trennverfahren gelangen giftige Kohlenwasserstoffverbindungen in die Atmosphäre.

### 4. Ökologische Fußabdruck

Das moderne Einkaufsverhalten wirkt sich stark auf den Energie- und Rohstoffverbrauch und somit auf den ökologischen Fußabdruck aus. Es sind mittlerweile fast zwei Erden notwendig, um unseren derzeitigen Bedarf auch in der Zukunft zu decken.

Würden nur tatsächlich defekte Dinge ersetzt und Neuanschaffungen mit größerer Sorgfalt durchgeführt werden, ließe sich der Fußabdruck erheblich reduzieren.

### Weitere Diskussionspunkte

#### Geplante Obsoleszenz

Viele Geräte haben ihre Lebensdauer kurz nach Ablauf der Garantie oder Gewährleistung erreicht. Dies ist Teil einer Produktstrategie, bei der schon während des Herstellungsprozesses bewusst Schwachstellen in das betreffende Produkt eingebaut, Konstruktionen mit absehbarer Haltbarkeit und/oder Rohstoffe von minderer Qualität eingesetzt werden, die dazu führen, dass das Produkt schneller schad- oder fehlerhaft wird.

Meistens könnte durch die Verwendung nur geringfügig teurerer Komponenten (oftmals nur 1-2 Cent!) die Haltbarkeit mehr als verdoppelt werden. Abhilfe schafft hier nur ein qualitätsbewusster Kauf, wo Servicierbarkeit und Haltbarkeit im Vordergrund stehen.

#### **„Gewollte Alterung“**

Das schnelle Ändern des Designs von vielen Dingen ist nicht nur der Wunsch der Konsumenten nach Neuem. Die immer kürzeren Abstände zwischen dem Erscheinen von neuen Geräten, lässt auch automatisch das vor einem Jahr gekaufte bereits alt und langweilig aussehen. Die Marketingabteilungen tun dazu ihr übriges.

Aber nicht nur mit dem Design eines Gerätes wird dieser Eindruck erweckt. Gerne werden Materialien verwendet, welche tatsächlich nach kurzem Gebrauch bereits deutliche Alterungsspuren erkennbar machen. Gute Beispiele hiervon sind glänzend lackierte Handygehäuse, welche schnell an den Kanten durchreiben und den Blick auf das graue Plastik freigeben.

#### **Refurbish - generalüberholte Geräte**

Oftmals bieten Händler generalüberholte Geräte mit voller Garantie und ohne optische Mängel zu stark reduzierten Preisen an.

#### **Aufrüsten von Geräten**

Gerade PCs und Notebooks werden gerne nach wenigen Jahren gegen neue, leistungsfähigere Geräte eingetauscht, obwohl sie noch klaglos funktionieren. Eine Alternative für den Neukauf wäre jedoch, diese Geräte mit neuen Komponenten wieder auf einen aktuellen Stand zu bringen - sei es durch den Austausch der CPU, des Arbeitsspeichers oder des Akkus.

Bei Smartphones sind die Aufrüstmöglichkeiten zwar um einiges begrenzter, aber auch hier lässt sich im Normalfall der Akku wechseln und der interne Speicher mittels einer microSD-Karte erweitern.

#### **Alternativen „Fair Phone“**

Die Arbeitsbedingungen, unter denen Produkte hergestellt werden, sind oftmals schlecht und Umweltstandards meistens nicht vorhanden. Bei Kleidung und Nahrung ist „Fair Trade“ und „Bio“ bereits allseits bekannt. In vielen anderen Bereichen jedoch herrscht hier großer Nachholbedarf. Ein Versuch, dies zu ändern, wird gerade von einem niederländischen Team unter dem Namen „Fair Phone“ unternommen. Hier soll ein möglichst faires, transparent produziertes und doch leistbares und ansprechendes Smartphone gebaut werden.