

**Wo landen unsere Elektroaltgeräte?**

**Wie viel Energie kann durch Recycling von Schrott gespart werden?**

**Was bedeutet Urban Mining?**

*Jährlich erhöht sich die Anzahl an weggeworfenen Elektroaltgeräten. In Zeiten des materiellen Überflusses bei gleichzeitig knapper werdenden Ressourcen ist ein effizienter Recyclingprozess darum aus mehreren Gründen notwendig.*

Diese Unterrichtseinheit verdeutlicht, warum es wichtig ist, Elektro- und Elektronikaltgeräte richtig zu entsorgen und wie diese wieder zu wertvollen Rohstoffen werden. Die Einheit wird begleitet von Überlegungen zum eigenen Konsum und Einblicken in die Abfallbehandlung von Ländern des globalen Südens.



[pixabay.com/dokumol](http://pixabay.com/dokumol)

## Ort

Klassenzimmer

## Schulstufe

9.-13. Schulstufe

## Gruppengröße

Klassengröße

## Zeitdauer

2 Schulstunden

## Lernziele

- Recyclingprozesse von Elektroaltgeräten kennen lernen
- Sich mit Primär- und Sekundärrohstoffen auseinandersetzen
- Umweltprobleme im Zusammenhang mit Elektroaltgeräten nennen können
- Über die eigene und globale Verantwortung rund um Schrottexporte diskutieren können

## Sachinformation

### Was ist Elektroschrott?

Umgangssprachlich wird „Schrott“ als abwertende Bezeichnung für alte oder unbrauchbare Dinge verwendet. Schrotte sind jedoch Metallabfälle, die zugleich wertvolle Rohstoffe sind.

Am Schrottplatz finden sich allerhand Schrotte, die gesammelt, zerkleinert, sortiert und wiederaufbereitet werden. Es werden 3 große Gruppen unterschieden: **Stahlschrott** bestehend aus Eisen, **Altmetallschrott** bestehend aus Nichteisen-Metallen und **Elektroschrott**, um den es in diesem Stundenbild geht. Im Elektroschrott sind vor allem Eisen, Nichteisen-Metalle wie Kupfer, Aluminium, Messing u. a., Kunststoffe und Edelmetalle wie Gold und Silber in nennenswerten Anteilen vorhanden. Sie bestehen aus verschiedenen Bauteilen wie Leiterplatten, Kabeln, Steckern, Drähten, Speichermedien ...

Zu den Elektro- und Elektronikgeräten gehören alle Geräte, die elektrische Energie benötigen (über ein Stromkabel, Batterien oder einen Akku). Nach ihrer Nutzung oder wenn ein Gerät irreparabel defekt ist, fallen sie als Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) an. Elektroaltgeräte sind zum Teil als „gefährliche Abfälle“ einzustufen, die bei nicht ordentlich durchgeführter Sammlung, Lagerung und Behandlung negative Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt haben können. Sie werden daher getrennt gesammelt und stellen eine besondere Abfallart dar, da sie sowohl Wertstoffe als auch Schadstoffe (Quecksilber, Blei, FCKW ...) enthalten können.

Laut dem Abfallwirtschaftsgesetz 2002 § 2 sind **Abfälle** bewegliche Sachen,

1. deren sich der Besitzer/die Besitzerin entledigen will oder entledigt hat oder
2. deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3) nicht zu beeinträchtigen. Dazu zählen u. a. Gefahr für die Gesundheit des Menschen, für die Umwelt und für die Lebensbedingungen von Tieren und Pflanzen.

<sup>1</sup> vgl. eak-austria, online



Abb. 1: Leiterplatte; pixabay.com/webandi

Elektrogeräte sind außerdem durch ihr weites Spektrum an verschiedenen Geräten, ihren komplexen Aufbau und die große verbaute Materialvielfalt charakterisiert. Kennzeichnend sind auch die kurze Nutzungsdauer und die schnellen Innovationszyklen.

In Österreich wurden im Jahr 2018 für private Haushalte rund 116 500 Tonnen ausgedienter Elektrogeräte in 5 Kategorien gesammelt:<sup>1</sup>

- Großgeräte mit einer Kantenlänge von mindestens 50 cm (Waschmaschinen, Geschirrspüler ...)
- Elektrokleingeräte mit einer Kantenlänge unter 50 cm (Haushaltskleingeräte, Unterhaltungselektronik ...)
- Kühl- und Gefriergeräte
- Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte
- Gasentladungslampen (Energiesparlampen ...)

### Warum richtig entsorgen? Recycling als Rohstoffquelle

Durch die richtige Entsorgung und fachgerechtes Recycling können Schadstoffe entfernt und umweltgerecht behandelt sowie Wertstoffe wiederaufbereitet werden. Der Prozess des Recyclings beschreibt grundsätzlich die Wiederverwendung oder Aufbereitung von Abfallprodukten zu Sekundärrohstoffen. Die Abfälle können dabei für den ursprünglichen oder einen neuen Zweck verwenden

det werden. Weist das aufbereitete Material nicht mehr dieselbe Qualität wie zuvor auf, spricht man von Downcycling. Beim Upcycling können durch das Recycling höherwertige Produkte erstellt werden. Da die natürlichen Ressourcen der Erde endlich sind und der Rohstoffverbrauch ständig wächst, ist ein effizientes Recycling nötig, um den globalen Ressourcenbedarf langfristig zu decken. Elektroschrott stellt somit eine wertvolle urbane Mine dar.

Da Österreich als rohstoffarmes Land von Importen abhängig ist, dienen die zu Abfall gewordenen Wertstoffe in Altgeräten zur eigenen Bedarfsdeckung von Rohstoffen. „Urban Mining“ erkennt das Potenzial einer Stadt oder Siedlung als Rohstofflager, Elektroaltgeräte werden sozusagen als Mine betrachtet. Aus alten Katalysatoren wird beispielsweise Platin, Palladium und Rhodium zurückgewonnen; diese Rückführung deckt einen großen Teil des jährlichen Bedarfs dieser Rohstoffe in Österreich ab.

**Primärrohstoffe** sind aus der Natur entnommene Ressourcen. In Elektro- und Elektronikaltgeräten sind die enthaltenen Primärrohstoffe in erster Linie Erze.

**Sekundärrohstoffe** stammen aus nicht natürlichen Quellen und werden vor allem durch die Aufarbeitung von entsorgtem Material (zB Schrott) gewonnen.

Die Restmüllanalyse des Landes Steiermark 2018/2019 ergab, dass sich 1,3 % Elektroaltgeräte im steirischen Restmüll befanden und als Fehlwürfe galten. Das sind in Summe über 2 000 t Elektroaltgeräte, die nicht sachgerecht entsorgt wurden. Wertstoffe gehen dadurch verloren, die bei einer getrennten Sammlung zu 75 % rezykliert werden könnten. Gleichzeitig belasten Schadstoffe die Umwelt und führen zu Luftverschmutzung, Gefährdung für Gewässer und Böden, Brandgefahr und Klimaschädigung. Ein nicht fachgerecht entsorgtes FCKW-Kühlgerät entspricht beispielsweise einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von über einer Tonne.

| Schadstoffe in Elektroaltgeräten |  |
|----------------------------------|--|
| Asbest                           | Wärmeisolation und Brandschutz, zB in Nachtspeicheröfen, Bügeleisen              |
| Blei                             | als Glaszuschlagsstoff in Bildröhren (Fernseher, Monitore)                       |
| Cadmium                          | Photozellen, Leuchtstoffe (zB Bildschirmbeschichtungsmaterial), Batterien, Akkus |
| Chlor                            | Flammhemmer  |
| Chrom                            | Pigmente, Legierungsbestandteile   |
| FCKW                             | Kühlgeräte   |
| Polychlorierte Biphenyle (PCB)   | Isolier- und Kühlflüssigkeiten, Kondensatoren                                    |
| Quecksilber                      | Schalter, Energiesparlampen  |
| Yttrium                          | Fluoreszenzröhren  |
| Wertstoffe in Elektroaltgeräten  |  |
| Kupfer                           | Kabel, Motoren, Transformatoren, Leiterplatten                                   |
| Aluminium                        | Gehäuse von Elektroaltgeräten  |
| Gold                             | Leiterplatten  |
| Eisen                            | sämtliche Elektroaltgeräte   |
| Seltene Erden                    | Akkumulatoren  |
| Glas                             | Bildröhren   |

Tab. 1: Beispiele für Schadstoffe und Wertstoffe in EAG. (Rotter, 2010)

Recycling nutzt also mehrfach und bringt ökologische und ökonomische Vorteile:

- Rohstoffe können wiedergewonnen werden.
- Abfallberge werden reduziert.
- Belastungen für Gesundheit und Umwelt werden reduziert.
- Energie und Material wird eingespart.
- Neue Jobs entstehen durch die verhältnismäßig arbeitsintensive Erzeugung von Sekundärrohstoffen.

### Wie richtig entsorgen?

In den ersten Jahren des neuen Jahrtausends wurde sowohl von europäischer als auch heimischer Gesetzgebung die Notwendigkeit gesehen, Elektroaltgeräte getrennt zu sammeln und einer ressourcenschonenden Behandlung zukommen zu lassen. Auf europäischer Ebene wurde die WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment) erlassen und von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt. Sie hat die nachhaltige Behandlung von EAG durch Abfallvermeidung, Wiederverwendung, Recycling und andere Verwertungsmöglichkeiten zum Gegenstand. In Österreich regelt die Elektroaltgeräteverordnung die Entsorgung und den Umgang mit EAG. Ergebnisse sind die entgeltfreien Rücknahmestationen sowie europaweite Sammelquoten.

Möchte man ein Elektroaltgerät entsorgen, gibt es zwei Wege, dies zu tun:

1. In den über 2 000 Sammelstellen (Altstoffsammelzentrum, Recyclinghof) in ganz Österreich können Elektroaltgeräte während der Öffnungszeiten kostenlos entsorgt werden.
2. Jeder Händler mit einer Verkaufsfläche von über 150 m<sup>2</sup> ist verpflichtet, ein Altgerät beim Kauf eines vergleichbaren Neugeräts gratis zurückzunehmen. Im Falle von batterie- oder akkubetriebenen Geräten werden diese zuvor entfernt und separat entsorgt.

### Schreddern, häckseln, zerkleinern Die E-Schrott-Aufbereitung

Nachdem Elektroaltgeräte bei den kommunalen Sammelstellen oder Händlern richtig entsorgt wurden, werden sie an registrierte Sammelbetriebe übergeben. Diese bringen die Altgeräte zu Verwertungsunternehmen, welche sie in mehreren Schritten auseinandernehmen, recyceln und gefährliche Bestandteile entsorgen:

- manuelle Vorzerlegung
- Schadstoffentfrachtung  
Alle Bauteile, die gefährliche Substanzen enthalten, werden demontiert und gesondert gelagert und behandelt.
- mechanische Aufbereitung  
Schrotte werden in Schreddern (Großschredder für Großgeräte; Smasher oder Querstromzersetzer für Kleingeräte) zerkleinert.
- Sortierung und Separierung  
Nach der Zerkleinerung erfolgt die systematische Abtrennung der Bestandteile.
- Einschmelzprozess  
Die separierten Sekundärrohstoffe werden entweder sortenrein oder als Mischung in den unterschiedlichen Werken erneut eingeschmolzen, es entsteht wieder neues Metall.
- thermische Verwertung  
Stoffe, die nicht rezykliert werden können, werden verbrannt, um daraus Energie zu gewinnen.
- Deponierung  
Es kommt vor, dass Bestandteile weder als Wertstoff noch thermisch verwertet werden können, in diesem Fall werden sie unter besonderen Vorsichtsmaßnahmen deponiert.



Abb. 2: Kupfer nach Zerlegung; pixabay.com/Peggy\_Marco

EAG bestehen durchschnittlich aus 62 % Eisen, 25 % Kunststoffen, 12 % Nichteisen-Metallen und 1 % restlichen Bestandteilen, wobei die Zusammensetzung stark von der Gerätegruppe abhängt.

Folgende Fraktionen werden verwertet:

- **Metalle** werden nach der Zerkleinerung in Eisen und Nichteisen-Metalle getrennt. Die Abscheidung von Eisen-Metallen erfolgt durch Magnete. Der Eisenschrott wird anschließend direkt vom Recyclingunternehmen an die Stahlwerke geliefert und dort wieder eingeschmolzen. Abscheideverfahren für Nichteisen-Metalle sind zB sensorbasierte Sortiersysteme (NIR-Technologie), Induktions- oder Röntgensortiersysteme (Aluminium), Schwimm-Sink-Verfahren und Farbsortierung (Kupfer, Messing, Graumetalle). Zu den zurückgewonnenen Nichteisen-Metallen zählen vorrangig Kupfer, Aluminium, Zink, Nickel und in geringen Mengen Edelmetalle wie Gold oder Platin. Eisen und Nichteisen-Metalle können fast zur Gänze als Sekundärrohstoff wiedergewonnen werden und dienen als Paradebeispiel für eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft. Die Seltenen Erden – auch „Gewürzmetalle“ genannt, da sie wie Gewürze in einem Gericht nur in geringen Mengen in EAG vorkommen – können bislang kaum recycelt werden.
- **Kunststoffe** sind hauptsächlich als Träger- und Gehäusematerialien in EAG verbaut. Sie werden zerkleinert und, wenn möglich, sortenrein getrennt. Wenn das nicht möglich ist, werden sie thermisch verwertet.
- **Glas** wird hauptsächlich aus alten Bildschirmgeräten wiedergewonnen.
- **Leiterplatten** ermöglichen eine thermische und elektrolytische Rückgewinnung. Hier liegen die höchsten Edelmetallgehalte vor. Sie werden daher zu Beginn der Wertstoffrückführung meist händisch demontiert.
- **Stecker, Steckerverbindungen und Kabel** werden in Metallbestandteile und Kunststoffe getrennt. Die Metalle werden maschinell zurückgewonnen, während die Kunststoffe thermisch verwertet werden.

Ein klassischer Fall des Eisenrecyclings ist die Beigabe von E-Schrott zu flüssigem Roheisen, das im Stahl-Konverter (Abb. 3) zu Rohstahl verarbeitet wird. Gleich einer Rezeptur können hier durch Zugabe verschiedener „Zutaten“ unterschiedlichste Stahlarten erzeugt werden.

### Energie- und Materialeinsatz in der Herstellung von Primär- und Sekundärrohstoffen

Reines Metall ist sehr selten in der Erdkruste zu finden und stellt eine Ausnahme dar. Zumeist liegt das gesuchte Metall zusammen mit anderen Bestandteilen als Mineralgemenge (= Erz) vor. Erze bestehen aus den gewinnbringend zu verwertenden, metallhaltigen Erzmineralen und Begleitmaterialien (zB Quarz, Dolomit). Für die Gewinnung von Metallen als Primärrohstoff unterlaufen die Erze folgende Schritte:

- Das Ausgangsmaterial wird im Stollenbau oder Tagebau gewonnen.
- Das werthaltige, erzreiche Material wird vom wertlosen, erzarmen Material getrennt.
- Durch Verhüttung entsteht dann reines, nutzbares Primärmetall.



Abb. 3: Stahl-Konverter; pixabay.com/Peggy\_Marco

**Minerale** sind reine chemische Elemente oder chemische Verbindungen, die in kristalliner Form vorliegen. Sie sind in ihrer reinen stofflichen Zusammensetzung in der Natur zu finden. Sauerstoff zählt beispielsweise nicht dazu – er ist zwar in der Natur vorzufinden, aber gasförmig und nicht kristallin.

Im Unterschied dazu sind Gesteine **Gemenge**, die aus verschiedenen Mineralen bestehen, ähnlich einem Teig mit mehreren Zutaten.

Die Rückgewinnung von Rohstoffen durch Recycling benötigt weniger Energie als die Herstellung der Primärrohstoffe. Zur Veranschaulichung sind in Abb. 4 die Elemente des Periodensystems mit einem Farbcode von blau für niedrigen Energieeinsatz in der Produktion bis rot für starken Energieeinsatz dargestellt. Das Metall mit dem höchsten Energieeinsatz in der Herstellung ist Rhodium (Rh), gefolgt von Platin (Pt) und Gold (Au).

Am Beispiel Aluminium (Al) wird der Vergleich des Energieaufwands zur Herstellung als Primär- und Sekundärrohstoff sehr deutlich. Aluminium ist aufgrund seiner vielseitigen Anwendbarkeit weltweit ein sehr gefragter metallischer Werkstoff. Es ist vor allem für seine gewichtsreduzierenden Eigenschaften bekannt. Aluminium liegt in der Natur nur

in chemischen Verbindungen, aber nicht in seiner Reinform vor. Für die Primärherstellung von Aluminium wird daher das Erz Bauxit benötigt, welches zu Aluminiumoxid aufbereitet wird. Die sehr hohe Stromstärke und die hohen Temperaturen in der Herstellung von Aluminium aus Aluminiumoxid erklären den enormen Energiebedarf, der dafür nötig ist. Die Gewinnung als Sekundärrohstoff benötigt im Vergleich zur Primärherstellung aus Bauxit bloß 5 % des Energiebedarfs. Das heißt mit der gleichen Energiemenge können eine Getränkedose aus frischem Aluminium bzw. 20 Getränkedosen aus recyceltem Aluminium hergestellt werden.



Abb. 5: Bauxitgrube von Otranto (Italien), ehemaliger Abbauort; pixabay.com/clonart

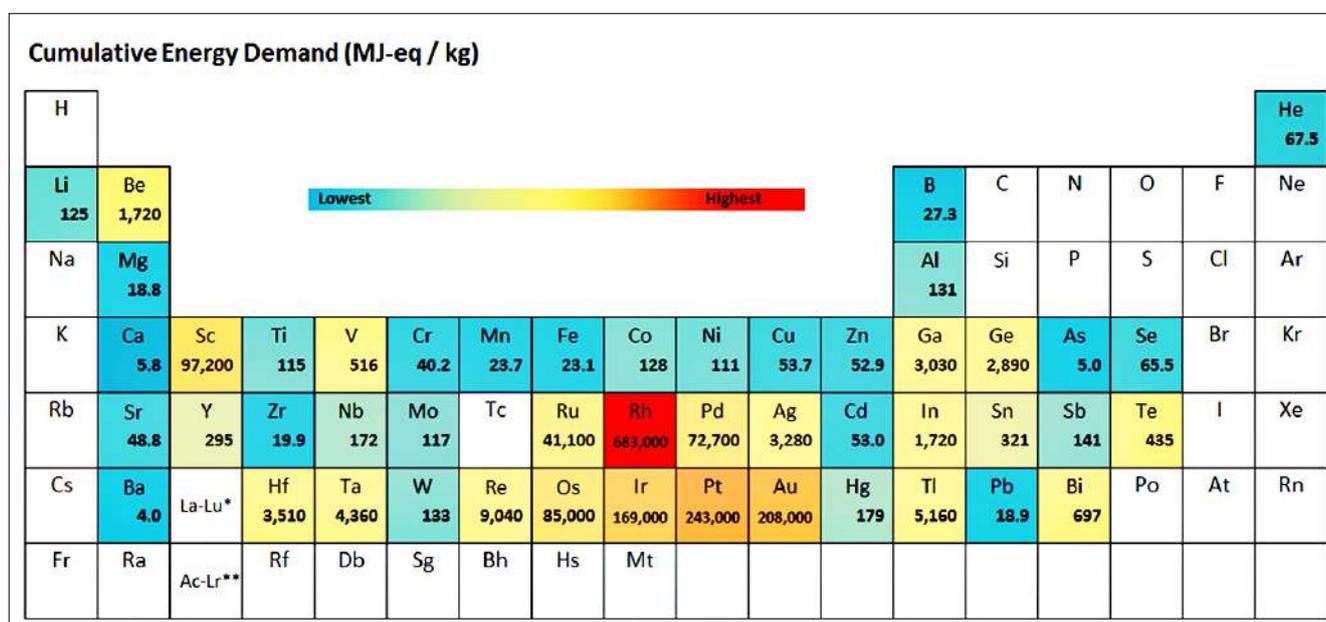


Abb. 4: Kumulierter Energiebedarf der Primärherstellung; Quelle: Handke & Hross (2019)

| Metall  | kumulierter Energieaufwand<br>in GJ/t | CO <sub>2</sub><br>in kg/t | Treibhausgase<br>in kg/t |
|---|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Aluminium Primärproduktion                            | 121,5                                 | 7 807                      | 10 070                   |
| Aluminium Sekundärproduktion<br>(15% Primäraluminium) | 25,6                                  | 1 546                      | 2 008                    |
| Aluminium Sekundärproduktion<br>(0% Primäraluminium)  | 5,6                                   | 289                        | 332                      |
| Kupfer Primärproduktion                               | 64,8                                  | 5 152                      | 5 569                    |
| Kupfer Sekundärproduktion<br>(0% Primärkupfer)        | 18,6                                  | 692                        | 822                      |

Tab. 2: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen pro t Primär/Sekundärrohstoff; Umweltbundesamt GmbH (2010)

Der Recyclingprozess von Aluminium birgt weitere Vorteile für die Umwelt. Bei der Erzeugung einer Tonne Primär-Aluminium entstehen 2 Tonnen Abfallmaterial, darunter gefährlicher und kaum deponierbarer Rotschlamm, der auch Schwermetalle enthält. Beim Sekundärmaterial fallen nur 100 kg/t an Rückständen an, ohne Rotschlamm.

Was für Aluminium gilt, gilt für viele Metalle: Der Energie- und Materialaufwand zur Aufbereitung einer Tonne des Materials ist geringer. Die Tabelle (Tab. 2) zeigt dies deutlich.

### Wohin wird E-Schrott exportiert, wie wird er dort behandelt?

Es gibt nicht nur globale Warenströme, sondern auch globale Müllströme. Der Abfall wird von einem Teil der Welt in Containern in andere Teile der Welt verschifft. Der Handel mit Elektroaltgeräten ist ein sehr gefragtes Segment dieser Abfallexporte. Jährlich verlassen diese Container die Europäische Union und werden vor allem an die Westküste Afrikas und nach Indien transportiert. Aufgrund der nicht vorhandenen Infrastruktur, um eine ordentliche Abfallbehandlung durchzuführen, und um die Rohstoffe in der Union zu belassen wurde versucht, diese E-Schrott-Exporte mit dem „Baseler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle“ zu stoppen. Dies hat mit Sicherheit nur bedingt funktioniert (Stand: Mai 2020). Stattdessen haben sich die Exportbedingungen geändert: EAG werden nach wie vor verschifft, indem sie als Second-Hand-Ware gekennzeichnet werden. Wie

viele dieser Geräte wirklich noch funktionstüchtig sind, ist nicht zu belegen, eine sehr hohe Dunkelziffer an defekten Geräten wird jedoch vermutet.

Die angekommenen E-Schrotte werden in Hafennähe zu riesigen Müllkippen aufgeschüttet. Eine der bekanntesten ist in Agbogboshie (Ghana). Dort lagern die defekten Geräte aus Europa mit all ihren Gefahrenstoffen und werden von der Bevölkerung händisch, ohne Schutzausrüstung, auseinandergenommen, um an die Rohstoffe zu gelangen. Bildschirmröhren werden mit bloßen Händen zerlegt, Kabel in Brand gesetzt, um die Kunststoffummantelung zu lösen und an das Kupfer zu kommen. Dabei entstehen giftigste Substanzen, die sich auf die Gesundheit der Bevölkerung und die umliegenden Ökosysteme auswirken. Nicht mehr zu verwertendes Material wird wild deponiert. Diese Entwicklung mag für einige Wirtschaftszweige eröffnet haben (Handel mit Altwaren und Rohstoffen, Schaffung von Arbeitsplätzen), insgesamt stellt sie jedoch ein großes Umwelt- und Gesundheitsproblem dar, dessen langfristige Folgen kaum abschätzbar sind.



Abb. 6: Behandlung von Metallabfällen in Agbogboshie; flickr/Amaio Benito

## Quellen

- Adler, B. (2017). *Strategische Metalle - Eigenschaften, Anwendungen und Recycling*. Heidelberg: Springer.
- BMLFUW (Hrsg.) (2005). *BGBl. II Nr. 121/2005. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (Elektroaltgeräteverordnung - EAG-VO)*. Wien. Verfügbar unter: [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at) [24.04.2020].
- Bookhagen, B. et al. (2020). *Metallic resources in smartphones*. Resources Policy. Elsevier
- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (2019). *BGBl. I Nr. 102/2002 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 71/2019. Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002 und Änderung des Kraftfahrzeuggesetzes 1967 und des Immissionsschutzgesetzes - Luft*. Wien. Verfügbar unter: [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at) [24.04.2020].
- Elektroaltgeräte Koordinierungsstelle Austria GmbH (Hrsg.) (2019). *Tätigkeitsbericht 2018*. Wien. Verfügbar unter: [https://www.eak-austria.at/presse/TB/Taetigkeitsbericht\\_2018.pdf](https://www.eak-austria.at/presse/TB/Taetigkeitsbericht_2018.pdf) [21.08.2020].
- Handke, V. & Hross, M. (2019). *Recycling im Zeitalter der Digitalisierung. Spezifische Recyclingziele für Metalle und Kunststoffe aus Elektrokleingeräten im ElektroG: Regulatorische Ansätze*. Berlin. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/profile/Volker\\_Handke/publication/333292997\\_Recycling\\_im\\_Zeitalter\\_der\\_Digitalisierung\\_Spezifische\\_Recyclingziele\\_fur\\_Metalle\\_und\\_Kunststoffe\\_aus\\_Elektro-kleingeraten\\_im\\_ElektroG\\_Regulatorische\\_Ansaetze/links/5ce56f35458515712ebb66c3/Recycling-im-Zeitalter-der-Digitalisierung-Spezifische-Recyclingziele-fuer-Metalle-und-Kunststoffe-aus-Elektro-kleingeraeten-im-ElektroG-Regulatorische-Ansaetze.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Volker_Handke/publication/333292997_Recycling_im_Zeitalter_der_Digitalisierung_Spezifische_Recyclingziele_fur_Metalle_und_Kunststoffe_aus_Elektro-kleingeraten_im_ElektroG_Regulatorische_Ansaetze/links/5ce56f35458515712ebb66c3/Recycling-im-Zeitalter-der-Digitalisierung-Spezifische-Recyclingziele-fuer-Metalle-und-Kunststoffe-aus-Elektro-kleingeraeten-im-ElektroG-Regulatorische-Ansaetze.pdf) [30.04.2020].
- Martens, H. & Goldmann, D. (2016). *Recyclingtechnik*. Heidelberg: Springer Vieweg.
- Rotter, V. S. (2010). *Ressourceneffizienz im Recycling am Beispiel Rückgewinnung seltener Metalle*. In: Lorber et al. (Hrsg.) Tagungsband zur 10. DepoTech - Konferenz; Leoben: Montanuniversität Leoben.
- Technisches Büro für Umweltschutz GmbH (Hrsg.) (2019). *Restmüllanalysen im Land Steiermark 2018/2019*. Innsbruck. Verfügbar unter: <https://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/12737874/134974365/> [02.05.2020].
- Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.) (2010). *Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich. Endbericht*. Wien. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0303.pdf> [21.08.2020]

## Didaktische Umsetzung

Das Thema Elektro- und Elektronikschrott ist sehr umfangreich und kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. Dieses Stundenbild konzentriert sich in erster Linie auf den Umweltbereich. Die SchülerInnen erhalten einen Einblick in die Behandlung des Elektro- und Elektronikschrotts in Österreich und erfahren, warum es so wichtig ist, Altgeräte ordnungsgemäß zu entsorgen. Darüber hinaus wird ein kurzer Vergleich zur Abfallbehandlung in Ländern des globalen Südens gezogen und auf die daraus resultierenden Problemfelder eingegangen.

| Inhalte   | Methoden  |
|---|---|
| <b>Einführung ins Thema</b>   |   |
| <b>10 Minuten</b>   |   |
| <p><i>Wann wird zB ein Smartphone zu Abfall?</i></p>  <p><small>pixabay.com/JESH00TS-com</small></p>  | <p><u>Material</u><br/>2 Smartphones, Abfalleimer</p> <p>Die Lehrperson beginnt die Unterrichtseinheit, indem sie zwei Smartphones nebeneinander auf den Tisch legt, eines davon wird in einen Abfalleimer gelegt.</p> <p>Anhand dieses Einstiegs werden folgende Diskussionsfragen gestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Was unterscheidet diese beiden Geräte?</li> <li>• Wann wird etwas zu Abfall?</li> <li>• Welche Elektrogeräte benutzt ihr täglich/wöchentlich?</li> <li>• Sind diese Geräte für euren Alltag entscheidend?</li> <li>• Woraus bestehen diese Geräte?</li> </ul> <p>Außerdem werden grundlegende Begriffe wie „Elektroaltgeräte“, „Recycling“, „Primär- und Sekundärrohstoff“ besprochen.</p> |
| <b>Vorbereitung zum Diskussionsforum</b>  |   |
| <b>30 Minuten</b>   |   |
| <p><i>Als Vorbereitung zum Diskussionsforum werden in Kleingruppen verschiedene Themenbereiche ausgearbeitet.</i></p>  <p><small>pixabay.com/StockSnap</small></p> | <p><u>Material</u><br/>Beilage „Arbeitsblätter: E-Schrott global“ (Gruppe 1 bis 5)<br/>Internetzugang, Schreibzeug</p> <p>Es werden 5 Kleingruppen gebildet. Jede Gruppe arbeitet sich anhand der Arbeitsblätter in das jeweilige Thema ein und recherchiert zu den Fragen.</p> <p>Nun wählt jede Gruppe eine Expertin/einen Experten, die/der die Gruppe beim Diskussionsforum vertritt.</p> <p>Die Teammitglieder coachen ihre Expertin/ihren Experten und überlegen gemeinsam, welche Inhalte und Argumente am anschaulichsten sind.</p>   |

| Diskussionsforum  | 30 Minuten  |
|---|---|
| <p><i>Die ExpertInnen nehmen am Diskussionsforum teil.</i></p>  <p><small>pixabay.com/geralt</small></p>   | <p><u>Material</u></p> <p>Beilage „Moderationskarte: E-Schrott global“</p> <p>Die Lehrperson übernimmt die Moderation und lädt die ExpertInnen ein, vor die Klasse zu treten und am Diskussionsforum „E-Schrott global“ teilzunehmen.</p> <p>Dabei tauschen sich die ExpertInnen anhand der Diskussionsfragen aus und diskutieren die verschiedenen Perspektiven zu diesem Thema. Die Lehrperson stellt die Fragen und achtet auf einen wertschätzenden Umgang untereinander.</p> <p>Das Diskussionsforum kann auch an ein reales TV-Format angelehnt werden.</p> <p>Die restlichen Gruppenmitglieder verfolgen die Diskussion und machen sich für die anschließende Nachbesprechung Notizen.</p> |
| Nachbesprechung im Plenum   | 15 Minuten  |
| <p><i>Gemeinsam werden die Ergebnisse des Diskussionsforums analysiert und Handlungsvorschläge diskutiert.</i></p>  <p><small>pixabay.com/geralt</small></p> | <p><u>Material</u></p> <p>keines</p> <p>Das Diskussionsforum wird anschließend in der Großgruppe besprochen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Was wurde beobachtet?</li> <li>• Welche Perspektiven wurden aufgeworfen?</li> <li>• Gibt es Ergänzungen?</li> <li>• Wie kann jede/r zu diesem Thema ein Stück beitragen?</li> </ul>   |

## Beilagen

- ▶ Moderationskarte: E-Schrott global
- ▶ Arbeitsblätter: E-Schrott global (Gruppe 1 bis 5)

## Weiterführende Themen

- ▶ Abfall
- ▶ Klimaschutz
- ▶ Globales Lernen
- ▶ Betriebsführungen bei Schrottplätzen/Aufbereitungsanlagen

## Weiterführende Informationen

### EAG- und Altbatterien-Schulkoffer

Der Schulkoffer bietet Materialien und methodische Vorschläge rund um das Thema „Elektrogeräte“ mit dem Ziel, Verständnis und Wissen aufzubauen - um die richtige Entsorgung von Elektroaltgeräten (EAG), die Abfallvermeidung, die Bedeutung von Recycling und den Energieaufwand bei Herstellung, Recycling und Entsorgung von Elektrogeräten. Es wird außerdem angeregt, den eigenen Umgang (persönlich, gesellschaftlich, global) mit Elektrogeräten und die persönlichen Kaufentscheidungen kritisch zu hinterfragen.

Der Schulkoffer beinhaltet Anschauungsmaterialien zur Erläuterung von Recyclingprozessen, geschredderte Materialien aller Kategorien, ein Handy in zerlegtem Zustand, Primärrohstoffe, Batterien-Muster, Anleitungen für Lernspiele samt Arbeitsblättern u. v. m.

Kostenloser Verleih für steirische Schulen und Institutionen.

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

### Downloads zum Thema Abfall/Rohstoffe und zum Abfallwirtschaftskonzept für Schulen

[www.ubz-stmk.at/materialien-service/downloads/abfall-rohstoffe](http://www.ubz-stmk.at/materialien-service/downloads/abfall-rohstoffe)



### Noch Fragen zum Thema?

Kristina Kainz, BSc  
Telefon: 0043-(0)316-835404-9  
[kristina.kainz@ubz-stmk.at](mailto:kristina.kainz@ubz-stmk.at)



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

## E-Schrott global

### Fragen für den/die ModeratorIn des Diskussionsforums:

1. Jährlich gehen Rohstoffe verloren, da Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) nicht ordnungsgemäß entsorgt werden. Warum ist die richtige Entsorgung sinnvoll?
2. Trägt das Recycling von Elektroaltgeräten zum Klimaschutz bei?
3. Was sagt ihr zur illegalen Verschiffung von E-Schrott ins Ausland?

*Diskussionsforum „E-Schrott global“*

# Die richtige Entsorgung von EAG

## Gruppe 1

Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) müssen richtig entsorgt werden, da sie unter Umständen Schadstoffe enthalten. Es sind aber auch Wertstoffe verbaut, die bei einer richtigen Entsorgung verwertet werden können.

In Österreich können EAG entweder in den kommunalen Sammelstellen (Altstoffzentrum, Recyclinghof) abgegeben oder beim Kauf eines Neugeräts in Geschäften mit über 150 m<sup>2</sup> Verkaufsfläche zurückgegeben werden.

### Beispiele für Schadstoffe und Wertstoffe in EAG

| Schadstoffe in Elektroaltgeräten |  |
|----------------------------------|--|
| Asbest                           | Wärmeisolation und Brandschutz, zB in Nachtspeicheröfen, Bügeleisen              |
| Blei                             | als Glaszuschlagsstoff in Bildröhren (Fernseher, Monitore)                       |
| Cadmium                          | Photozellen, Leuchtstoffe (zB Bildschirmbeschichtungsmaterial), Batterien, Akkus |
| Chlor                            | Flammhemmer  |
| Chrom                            | Pigmente, Legierungsbestandteile   |
| FCKW                             | Kühlgeräte   |
| Polychlorierte Biphenyle (PCB)   | Isolier- und Kühlflüssigkeiten, Kondensatoren                                    |
| Quecksilber                      | Schalter, Energiesparlampen  |
| Yttrium                          | Fluoreszenzröhren  |
| Wertstoffe in Elektroaltgeräten  |  |
| Kupfer                           | Kabel, Motoren, Transformatoren, Leiterplatten                                   |
| Aluminium                        | Gehäuse von Elektroaltgeräten  |
| Gold                             | Leiterplatten  |
| Eisen                            | sämtliche Elektroaltgeräte   |
| Seltene Erden                    | Akkumulatoren  |
| Glas                             | Bildröhren   |

### Recherchiert und besprecht dazu folgende Fragen:

1. Woran liegt es, dass Elektrogeräte nach wie vor nicht richtig entsorgt werden?
2. Was kann dagegen getan werden?

## Recycling als Rohstoffquelle

### Gruppe 2

116 500 Tonnen Elektroaltgeräte wurden in Österreich im Jahr 2018 gesammelt, die Sammelquote liegt bei 58 % und ist im europäischen Durchschnitt sehr hoch. Dennoch werden Elektroaltgeräte nach wie vor falsch entsorgt (d. h. in den Restmüll geworfen) oder illegal v. a. nach Afrika exportiert. Elektroaltgeräte sind aber eine wichtige Rohstoffquelle, da viele Bestandteile recycelt werden können.

Obwohl die Wiederaufbereitung von Rohstoffen sehr arbeitsaufwendig ist, ist sie dennoch ressourcen- und energieschonender als die Primärrohstoffgewinnung. Am Beispiel Smartphone zeigt sich, dass eine Tonne Althandys mehr Gold enthält als eine Tonne Golderz – über 50-mal so viel. Denn in einer Tonne Golderz sind im Mittel 4 mg Gold enthalten, in einer Tonne alter Handys aber 250 g.

#### Einige enthaltene Metalle in einem Smartphone (Bookhagen et al., 2020)

| Metalle   | Menge in mg/Gerät | Menge in mg/Leiterplatte |
|-----------|-------------------|--------------------------|
| Kupfer    | 6 606             | 6 504                    |
| Gold      | 16                | 15                       |
| Palladium | 1,9               | 1,8                      |
| Platinum  | 0,5               | 0,1                      |

#### Recherchiert und besprecht dazu folgende Fragen:

1. Wie funktioniert der Recyclingprozess von Elektroaltgeräten?  
Beschreibt den Weg, den ein Altgerät bis zur Wiederverwertung der Wertstoffe durchläuft.
2. Überlegt, aus welchen Materialien die Elektrogeräte bestehen, die ihr am häufigsten nutzt?

## Primär- und Sekundärrohstoffe

### Gruppe 3

Primärrohstoffe sind aus der Natur entnommene Ressourcen (zB Erze). Sekundärrohstoffe stammen aus nicht natürlichen Quellen und werden zB durch die Aufarbeitung von entsorgtem Material (Schrott) gewonnen. Die Rückführung von Wertstoffen aus Elektroaltgeräten ist zumeist wesentlich energieärmer als die Gewinnung der Primärrohstoffe, wobei die Qualität des Materials durch das erneute Einschmelzen vermindert wird und für bestimmte Anforderungen erneut Primärrohstoffe hinzugefügt werden müssen. Das Gewinnen von Sekundärrohstoffen hat dennoch viele Vorteile.

### Vergleich des Energieeinsatzes und der Treibhausgasemissionen bei der Primär- und Sekundärproduktion von einer Tonne Aluminium

|  | kumulierter Energieaufwand<br>in GJ/t | CO <sub>2</sub><br>in kg/t | Treibhausgase<br>in kg/t |
|--|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Primärproduktion                             | 121,5                                 | 7 807                      | 10 070                   |
| Sekundärproduktion<br>(15 % Primäraluminium) | 25,6                                  | 1 546                      | 2 008                    |
| Sekundärproduktion<br>(0 % Primäraluminium)  | 5,6                                   | 289                        | 332                      |

Quelle: Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.) (2010). Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich. Endbericht, S. 41. Wien.  
Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0303.pdf> [21.08.2020]

#### Tipp:

Als Größenvergleich könnt ihr folgende Zahlen heranziehen:

- 9 GJ ist der durchschnittliche Bedarf an elektrischer Energie eines Zwei-Personen-Haushalts pro Jahr in Österreich; 1 GJ  $\approx$  278 kWh
- Eine Autofahrt von Wien nach Peking emittiert 2 500 kg, also 2,5 t CO<sub>2</sub>.

#### Recherchiert und besprecht dazu folgende Fragen:

1. Wieso ist das Recycling von Elektroschrott umweltschonender als die Herstellung von Primärrohstoffen? Nenne allgemeine Gründe.
2. Wie viel Einsparungspotenzial bei Verwendung von Sekundärrohstoffen gibt es? Zur Veranschaulichung kann die Produktion einer Aluminiumgetränkedose einmal mit Primär- und einmal mit Sekundäraluminium herangezogen werden.

## Schrottexporte

### Gruppe 4

Schrottexporte aus Europa und anderen Gegenden haben in Ländern des globalen Südens zu Gesundheits- und Umweltproblemen geführt. Obwohl es Gesetze gibt, die den Export von Elektroaltgeräten verbieten, werden sie nach wie vor als Gebrauchtware deklariert und verschifft. Länder wie Ghana sind besonders davon betroffen.

Auf der einen Seite hat diese Entwicklung dazu geführt, dass neue Einkommensquellen geschaffen wurden (durch den Handel mit Rohstoffen und Altwaren). Auf der anderen Seite werden die Elektroaltgeräte ohne Schutz für ArbeiterInnen und ohne Umweltauflagen bearbeitet, es gibt keine geordnete Entsorgung und es fehlt an geeigneter Infrastruktur und Anlagen, um eine ordentliche Abfallbehandlung durchführen zu können. Die Folgen sind Umweltprobleme und damit verbundene Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung.



Recherchiert und besprecht dazu folgende Fragen:

1. Wie ist es möglich, dass trotz bestehender Gesetze Elektroschrott aus der EU exportiert wird?
2. Welche Gesundheits- und Umweltrisiken entstehen durch die nicht fachgerechte Behandlung von Elektroschrott (v. a. PVC-Kabel)?
3. Wie könnten menschenwürdigere Arbeitsbedingungen in diesem Sektor geschaffen werden?

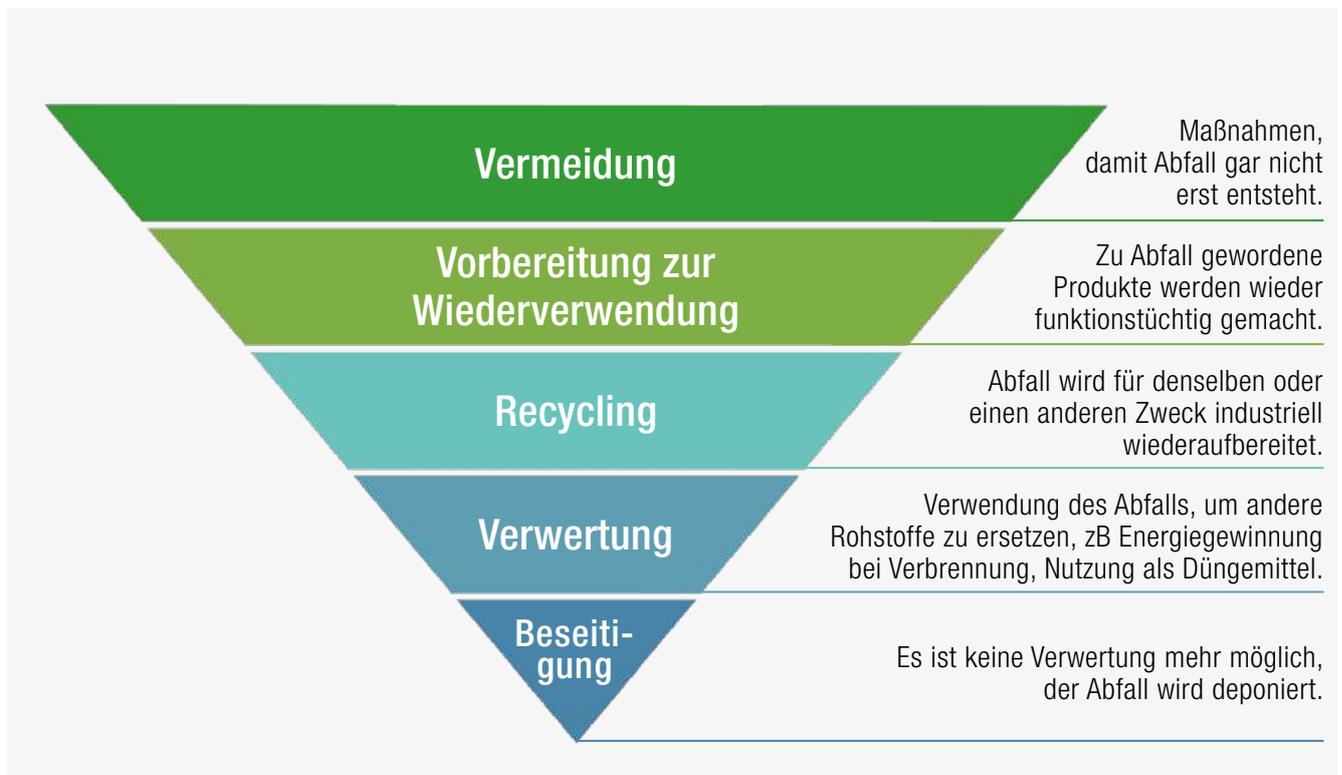
## Abfall reduzieren

### Gruppe 5

Alles, was wir konsumieren, wird irgendwann zu „Abfall“. Dieser Abfall muss entsorgt, gelagert und richtig behandelt werden, damit keine Gesundheits- oder Umweltgefahren entstehen.

Die Europäische Union hat für ihre Mitgliedsstaaten die Abfall-Hierarchie festgelegt. Das Prinzip dahinter ist, Abfälle zuerst zu vermeiden oder zu verwerten und erst, wenn es keine andere Möglichkeit mehr gibt, Abfälle endgültig zu deponieren. Dahinter steckt der Gedanke, dass auch Abfälle Ressourcen sind, die wieder genutzt werden können. Die Abfall-Hierarchie wird als umgedrehte Pyramide dargestellt.

#### Die 5-stufige Abfallhierarchie der Europäischen Union:



#### Recherchiert und besprecht dazu folgende Fragen:

1. Welche Möglichkeiten gibt es, Produkte länger im Umlauf zu halten?
2. Wie hängt das mit dem eigenen Konsum zusammen?