



September 2010

# Faktenblatt zu Elektro- und Elektronikgeräten

## Nachhaltige Materialbewirtschaftung

Wenn wir Produkte oder Dienstleistungen beanspruchen, setzen wir direkt und indirekt Material in Bewegung. So muss z.B. für die Herstellung eines Kugelschreibers mit Hilfe von Energie eine bestimmte Menge Metall, Kunststoff und Farbstoff gewonnen werden. Diese Materialien werden zu einem grossen Teil im Ausland gewonnen und verarbeitet, so dass in der Schweiz konsumierte Produkte sowohl hier wie auch dort Auswirkungen auf die Umwelt haben. Nachhaltige Materialbewirtschaftung hat zum Ziel, Umweltbelastungen und gesellschaftliche Probleme im Zusammenhang mit unserem Materialkonsum zu minimieren.

Das Faktenblatt Elektro- und Elektronikgeräte beschreibt ökologisch relevante Materialflüsse in der Schweiz und führt in das Konzept der nachhaltigen Materialbewirtschaftung ein. Mit Hilfe von Lebenswegbetrachtungen und Materialflussdiagrammen werden wichtige Zusammenhänge aufgezeigt und Handlungsfelder zur Verkleinerung der Umweltbelastungen durch Materialkonsum beschrieben. Die EMPA erarbeitete das Faktenblatt im Auftrag des BAFU.

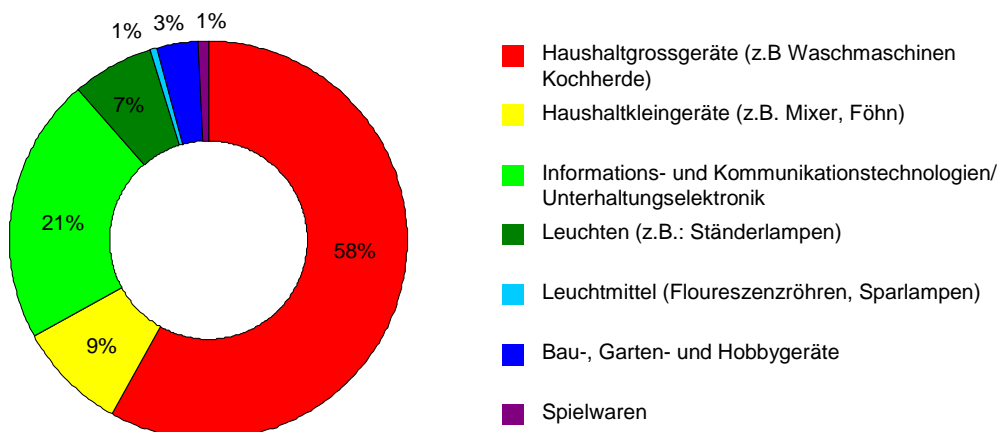


## 1 Elektrische und Elektronische Geräte

Elektrische und elektronische Geräte (E&E-Geräte) sind in unserem Alltag von grosser Bedeutung. Die Anwendungen werden immer breiter und die Produktpalette vergrössert sich ständig. Der globale Markt von E&E-Geräten hat in den letzten Jahren im Vergleich zu anderen Konsumgütern stark zugenommen, und auch die Menge der in Gebrauch stehenden E&E-Geräten nimmt zu. In der Schweiz kommen auf jede Person rund 200 kg an E&E-Geräten, welche zu Hause oder am Arbeitsplatz genutzt werden.

Etwa 60% der E&E-Geräte, die in der Schweiz in Gebrauch stehen, sind Haushaltsgrossgeräte (z.B. Waschmaschinen oder Kochherde). Weitere 20% sind Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungselektronik und 10% Haushaltkleingeräte (z.B. Mixer, Föhn). Die übrigen Kategorien machen zusammen nur rund 10% aus:

Abb. 1 Aufteilung der Gerätekategorien in Gewichtsprozent (Datenquelle EMPA, SENS, SWICO, 2008)

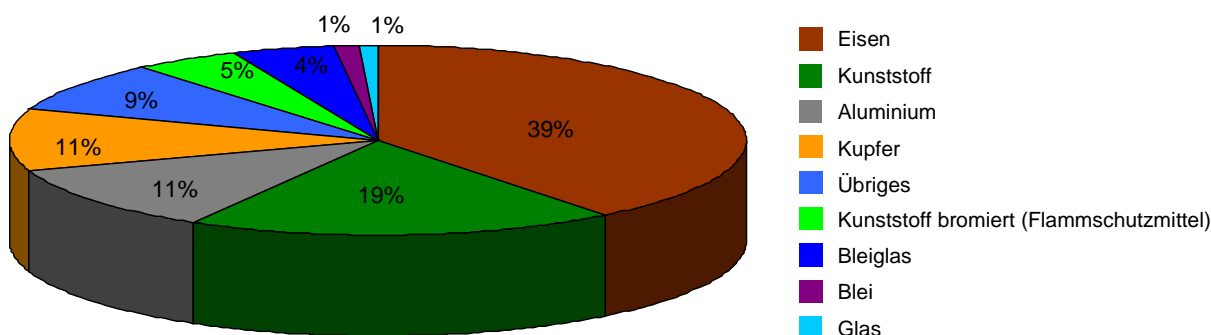


## 2 Zusammensetzung von E&E-Geräten

### Vor allem Metalle und Kunststoffe

E&E-Geräte bestehen aus einer Vielzahl verschiedener Materialien. Die Hauptbestandteile sind Metalle (hauptsächlich Eisen, Aluminium und Kupfer) und Kunststoffe. Je nach Produkt unterscheiden sich die Anteile der Materialien jedoch stark. Die mittlere Zusammensetzung aller in Gebrauch stehenden E&E-Geräte sieht folgendermassen aus:

Abb. 2 Mittlere Zusammensetzung (in Gewichtsprozent) aller E&E-Geräte in Gebrauch. Nicht dargestellt sind Materialien mit einem Gewichtsanteil kleiner als 1%. (Datenquelle: EMPA, SENS, SWICO, BAFU, 2008)



### Quecksilber, Gold, Indium und Co.

Materialien, die mengenmässig bei E&E-Geräten kaum ins Gewicht fallen (Gewichtsanteil kleiner als 1%), wie z.B. Gold (Abbau) sind ökologisch hoch relevant. Neben schädlichen Stoffen wie Blei und Kunststoff mit bromierten Flammschutzmitteln können E&E-Geräte in geringen Mengen auch toxische Stoffe wie Quecksilber, Arsen, Cadmium, Selen und Chromat enthalten. Diese Stoffe stellen während des Gebrauchs der Geräte keine Gefahr für Konsumentinnen und Konsumenten dar, bei der Entsorgung werden sie jedoch oft freigesetzt und gefährden bei nicht sachgerechter Handhabung Gesundheit und Umwelt.

E&E-Geräte enthalten aber auch verschiedene wertvolle Materialien wie zum Beispiel die Edelmetalle Gold, Palladium, Silber oder das seltene Schwermetall Indium. Indium wird vor allem als transparenter Stromleiter in Flachbildschirmen eingesetzt und ist eines der seltensten Elemente der Erdkruste. Die Menge dieser Materialien in einem einzelnen Gerät sind sehr gering. Zum Beispiel enthält ein Gerät der Kategorie ICT von 10 kg Gesamtgewicht ungefähr 12 mg Silber, 2.4 mg Gold, 0.6 mg Palladium und 5 mg Indium.

### 3 Produktion, Verbrauch und Entsorgung

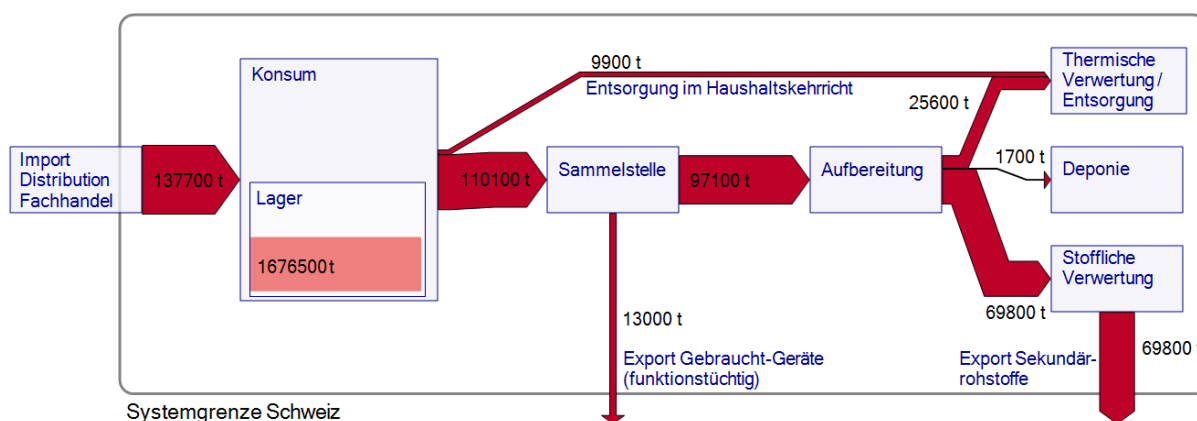
#### Produktion und Verbrauch

Weltweit gehören China, die Vereinigten Staaten und Japan zu den wichtigsten Produktions- und Exportländern von E&E-Geräten. In den letzten Jahren haben vor allem Entwicklungs- und Schwellenländer als Exporteure von E&E-Geräten stark an Bedeutung gewonnen und im Jahr 2004 die Industrieländer erstmals überholt.

Aus der Schweiz werden nur wenige E&E-Geräte exportiert. Importiert bzw. verkauft wurden dagegen fast 140'000 Tonnen. Bei einer Bevölkerungszahl von 7.5 Mio. ergibt dies pro Jahr einen durchschnittlichen pro Kopf Verbrauch von rund 18 kg. Demgegenüber entsorgten im selben Jahr die Konsumentinnen und Konsumenten rund 16 kg Elektroaltgeräte pro Kopf. Die Ausrüstung der einzelnen Haushalte mit E&E-Geräten (Lager) nimmt ständig zu.

Für die Schweiz können die Materialflüsse von E&E-Geräten wie folgt dargestellt werden:

Abb. 3 Materialflüsse in Tonnen von E&E-Geräten in der Schweiz im Jahr 2006



#### Entsorgung und Recycling

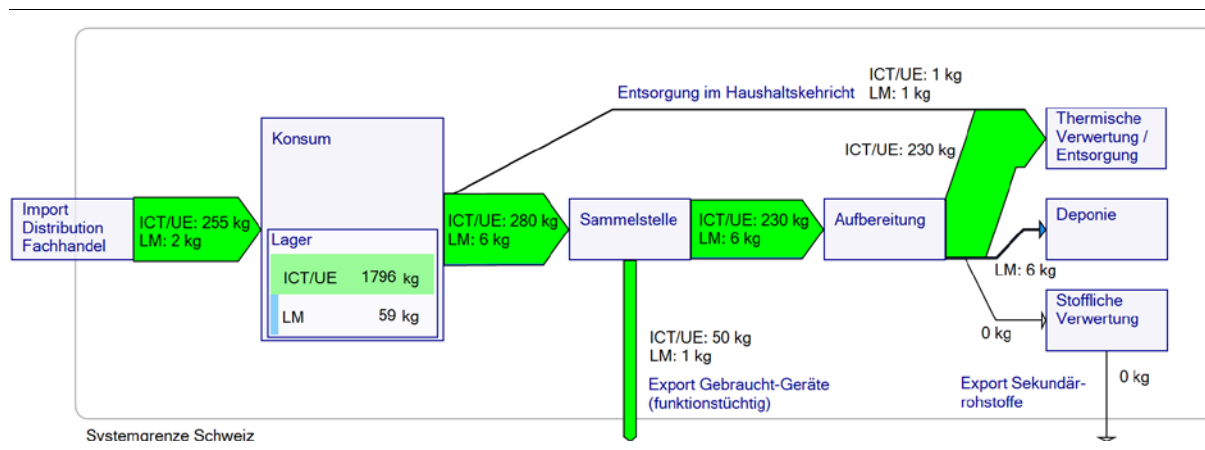
Von den rund 97'100 Tonnen Elektro-Altgeräte, welche 2006 in die Aufbereitung gelangten, wurden über 70% stofflich verwertet und so wertvolle Ressourcen zurück gewonnen. Dazu gehören die Eisen, Aluminium, Kupfer, Edelmetalle, Schwermetalle sowie Glas. Rund 25% der Materialien werden verbrannt. Dies betrifft vor allem Kunststoffe, die wegen Flammschutzmitteln nicht stofflich verwertet werden können. Die anfallenden Verbrennungsrückstände, weniger als 2%, werden deponiert.

#### Rückgewinnung von Indium

Indium aus Elektro-Altgeräten<sup>1</sup> wird in der Schweiz nicht zurück gewonnen. Eine Recyclinginfrastruktur für die Indiumrückgewinnung steht bis jetzt erst in drei Staaten zur Verfügung. Das technologisch wertvolle Metall geht somit verloren, wie die untenstehende Materialflussgraphik zeigt.

<sup>1</sup> Elektroaltgeräte sind gebrauchte elektrische und elektronische Geräte, welche vom Nutzer entsorgt werden.

Abb. 4 Materialflüsse für Indium



### Verkaufs- und Rückgabemengen von E&E-Geräten

Aufgrund der raschen technischen Entwicklung, der immer kürzeren Lebensdauer und der stärkeren Verbreitung von E&E-Geräten werden die Verkäufe und somit auch die Lager und Rückläufe weiterhin ansteigen. Gleichzeitig werden die Geräte jedoch immer kleiner und leichter, so dass die Anzahl der Geräte stärker steigen wird als das Gesamtgewicht.

Der Vergleich von Verkaufs- und Rückgabemengen einiger ausgewählter Regionen und Länder zeigt, dass diese Mengen stark vom Wohlstand des jeweiligen Landes abhängen:

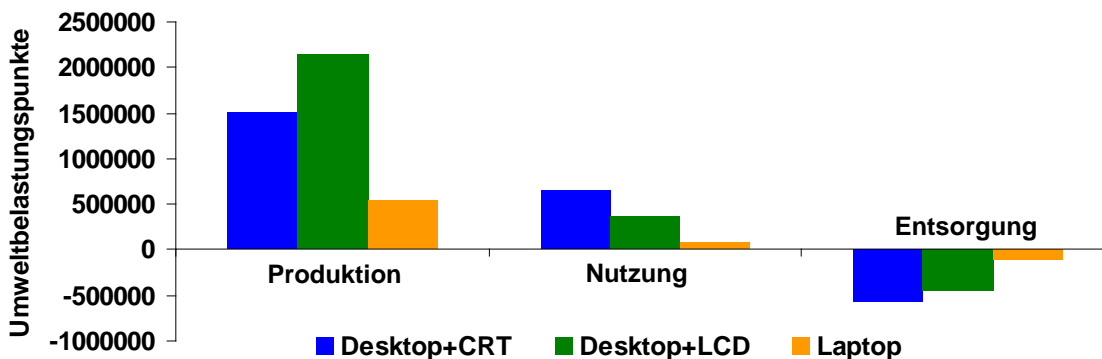
Tab. 1 Vergleich der Verkaufs- und Rückgabemengen für die Jahre 2005-2007 sowie des Bruttoinlandproduktes einiger ausgewählter Regionen und Länder.

Land	Verkauf kg/Kopf	Elektroaltgeräte kg/Kopf	Bruttoinlandprodukt Int. \$/Kopf
Durchschnitt EU	20	19	28'200
Grossbritannien	25	23	33'200
Litauen	10	6	14'500
China	3	2	6'800
Indien	n.v.	0.6	3'500
Schweiz	18	16	35'600

## 4 Umweltaspekte und Gesellschaft

Vergleicht man die Umweltbelastungen eines Desktop-Computers mit Röhrenbildschirm (CRT), eines Desktop-Computers mit Flachbildschirm (LCD) und eines Laptop-Computers mittels Ökobilanzierung resultiert folgender „ökologische Rucksack“ von E&E-Geräten:

Abb. 5 Vergleich der Umweltbelastung (Ökobilanz) von drei Computertypen über die drei Lebenszyklen Produktion, Nutzung und Entsorgung, gemessen in Umweltbelastungspunkten.



Die **Produktion** führt bei allen drei Geräten zur grössten Belastung der Umwelt. Dies ist vor allem auf Emissionen in die Luft und Oberflächengewässer zurückzuführen, welche beim Abbau von Rohstoffen sowie bei der Produktion von Leiterplatten, Röhrenbildschirm bzw. Flachbildschirm entstehen.

Die Umweltbelastung während der **Nutzung** hängt hauptsächlich vom Strombedarf eines Gerätes ab. Der Desktop-Computer mit Röhrenbildschirm verbraucht am meisten Strom, der Laptop-Computer am wenigsten. Neben dem Verbrauch spielt die Herkunft des Stroms eine entscheidende Rolle. Zum Beispiel wird die Umwelt stärker belastet, wenn der Strom aus einem Kohlekraftwerk stammt, als wenn er durch Wasserkraft erzeugt wird – hier wurde der Schweizer Strommix verwendet, der praktisch CO<sub>2</sub>-frei ist und daher eine sehr geringe Umweltbelastung ergibt.

Bei einer fachgerechten **Entsorgung**, werden die Geräte zerlegt, nach Materialien sortiert, Schadstoffe entfernt, und schliesslich die einzelnen Materialien stofflich verwertet oder verbrannt. Die Umweltbelastungen der Entsorgung sind in der obenstehenden Graphik negativ dargestellt, weil die in der stofflichen Verwertung gewonnenen Metalle den Abbau von neuen Metallen ersetzen, und weil bei der Verbrennung der Kunststoffe Energie zurück gewonnen werden kann. Dies überwiegt die bei der Entsorgung entstehenden Umweltbelastungen. Im Vergleich der drei Geräte schneidet der Laptop am besten ab, da er weniger Material enthält und den kleinsten Stromverbrauch aufweist.

Die Lebenszyklusbetrachtung zeigt, dass die grössten Umweltbelastungen ausserhalb der Schweiz stattfinden, dort wo sich die benötigten Ressourcen sowie die Produktionsstätten zur Herstellung von E&E-Geräten befinden. Oft gelten in den Produktionsländern nicht die gleichen Arbeitsschutz- und Umweltstandards wie in der Schweiz, was zu zusätzlichen Belastungen der Umwelt und der Gesundheit führen kann.

### Vermeidung von Umweltbelastungen

Die immer kürzere Lebensdauer und grössere Menge von E&E-Geräten führt zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch und zu grösseren Umweltbelastungen. Ein Beitrag kann deshalb die Wiederverwendung von noch funktionstüchtigen Geräten und Komponenten sein. Damit kann die Umweltbelastung welche durch die Produktion entsteht, vermieden werden.

Der Grossteil der Länder hat keine spezifische Gesetzgebung für die umweltverträgliche Verwertung von Elektro-Altgeräten, viele wertvolle Rohstoffe gehen so verloren und werden nicht in den Materialkreislauf zurückgebracht. Hinzu kommt, dass grosse Mengen Elektroschrott insbesondere aus gewissen Industrieländern in Entwicklungsländer in Asien oder Afrika exportiert werden. Die Elektro-Altgeräte werden dort teilweise unter gefährlichen Bedingungen für die ArbeitnehmerInnen und mit grossen Schäden an der Umwelt verwertet; gefährliche Komponenten werden häufig unsachgemäss entsorgt.

**Abb. 6** In der Schweiz werden E&E-Geräte nach dem neusten Stand der Technik aufbereitet. In Entwicklungsländern werden E&E Geräte dagegen oft unter gefährlichen Bedingungen für Gesundheit und Umwelt rezykliert.



### Materialien haben Wert

Der Materialwert der schweizerischen in Gebrauch stehenden E&E-Geräten kann über die Preise an den Rohstoffbörsen abgeschätzt werden. Der Gesamtwert betrug Ende 2006 rund 2 Mia. CHF, welcher entsprechend der Rohstoffpreise jedoch grossen Schwankungen ausgesetzt ist. So hatte die gleiche Menge an Materialien Ende 2008 einen Wert von unter 1 Mia. CHF. Diese Schwankungen wirken sich stark auf den Recycling-Markt aus.

## 5 Aktuelle Massnahmen

In der Schweiz wurde schon in den 90er Jahren mit dem Aufbau eines Elektroaltgeräte-Verwertungssystems begonnen. Parallel dazu wurde mit der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) eine wegweisende Gesetzgebung für Elektro-Altgeräte in Kraft gesetzt. Die Schweiz verfügt so über gut strukturierte Elektroaltgeräte-Entsorgungssysteme, welches weitgehend auf privatwirtschaftlicher Basis organisiert ist und geführt wird. Die Systembetreiber sind: Stiftung Entsorgung Schweiz (SENS), Schweizerischer Wirtschaftsverband der Anbieter von Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik (SWICO), Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) und Interessenorganisation Batterieentsorgung (INOBAT).

Die Verwendung toxischer Stoffe wie Quecksilber, Blei, Cadmium oder Chrom(VI) sowie bestimmter bromierter Flammschutzmittel (PBB, PBDE) in elektrischen und elektronischen Geräten ist seit 2005 verboten (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung). Es gibt jedoch Ausnahmen wie z.B. für Quecksilber, das weiterhin für die Produktion von Leuchtstoffröhren und Stromsparlampen verwendet wird, da es nach heutigem Stand der Technik noch keinen Ersatz gibt.

Die Erfahrung mit dem schweizerischen Elektroaltgeräte-Verwertungssystem und die Analyse der Materialflüsse in E-Geräten zeigen, dass trotz guter Resultate weitere Handlungsbedarf besteht. Es müssen zusätzliche und effektive Massnahmen getroffen werden um die Materialkreisläufe noch besser zu schliessen. Denkbar sind das Vorschreiben von individuellen Material-Verwertungsquoten (z.B. für Metalle oder Kunststoffe) und die obligatorische Rückgewinnung seltener technischer Elemente (z.B. Indium).

## 6 Ausblick

Dem Ziel einer vollständigen stofflichen Verwertung von Elektroaltgeräten ist man in der Schweiz schon ziemlich nahe. Die Hauptbestandteile Eisen, Aluminium, Kupfer und Glas werden heute zurück gewonnen, die Kunststoffe werden thermisch genutzt. Schadstoffe wie Quecksilber werden kontrolliert entsorgt und gelangen auf Grund der Schadstoffverbote von 2005 nicht mehr in die Produktion. Trotzdem werden diese Stoffe je nach Lebensdauer der Geräte noch bis zu 30 Jahre lang in der Entsorgung auftreten.

Mit der technologischen Entwicklung verändern sich auch der Materialeinsatz und die Materialzusammensetzung. Seit längerem gibt es eine starke Zunahme in der Verwendung neuer "exotischer" Materialien in E&E-Geräten, von denen viele eine sehr begrenzte Reichweite haben und voraussichtlich in den nächsten Jahren knapp verfügbar sein werden. Parallel dazu werden die elektronischen Komponenten stetig verkleinert, was bewirkt, dass pro Gerät weniger Material benötigt wird. Gleichzeitig enthalten immer mehr Konsumartikel elektronische Komponenten. Durch diese verschiedenen Entwicklungen wird das Recycling insgesamt erschwert und die Rückgewinnung einzelner Materialien aufwändiger und damit auch teurer.

### Kategorien von Elektro- und Elektronikgeräten

In der Schweiz werden E&E-Geräte gemäss der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) in die folgenden **sieben Kategorien** eingeteilt:



Kategorie I: Haushaltsgrossgeräte, z.B. Kochherd, Kühlschrank



Kategorie II: Haushaltskleingeräte, z.B. Mixer, Toaster



Kategorie III:  
Informations- und Kommunikationstechnologien, z.B. Computer, Mobiltelefon



Kategorie IV: Unterhaltungselektronik, z.B. Fernseher, Digitalkamera



Kategorie V: Leuchten und Leuchtmittel, z.B. Stromsparlampe, Stehlampe



Kategorie VI: Bau-, Garten- und Hobbygeräte, z.B. Bohrgerät, Rasenmäher



Kategorie VII: Spielwaren, z.B. Spielzeugroboter, elektrische Eisenbahn