



Factsheet 12

Handy-Recycling - Daten

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2012

Zukunftsprojekt
ERDE

Handy-Recycling: Sekundärrohstoffe gewinnen ist wichtig

Die letzte Phase des Lebenszyklus eines Mobiltelefons ist die Entsorgung des Mobiltelefons. Zur Entsorgung gehört auch das Recycling, das zur Rückgewinnung der im Mobiltelefon enthaltenen Stoffe dient.

„Im engeren Sinn bedeutet Recycling die Rückführung eines Abfallstoffs in den Produktionsprozess. Dies kann für denselben oder einen anderen Verwendungszweck erfolgen, nach nur geringer oder auch stärkerer Veränderung der Stoffgestalt“ (DERA 2011, S. 23).

Die gewonnenen Stoffe werden, im Gegensatz zu Rohstoffen, die durch sogenannte Primärproduktion entstehen (beispielsweise im Bergbau die Metallerze), auch Sekundärrohstoffe genannt.

Neben dem Recycling werden auch einige Mobiltelefone direkt über den Hausmüll entsorgt, d.h. ohne eine Rückgewinnung von Rohstoffen.

→ **Handyrücknahme (siehe Factsheet 13)**

Das Recycling eines Mobiltelefons oder der Komponenten wird dann vorgenommen, wenn es entweder als Gebrauchtgerät nicht mehr nutzbar oder seine Komponenten nicht mehr verwendbar sind. Hierfür gibt es gesetzliche Vorschriften, welche die Wiederverwertungs- und Wiederverwendungsprozesse regulieren.

→ **Handy-Recycling gesetzliche Grundlagen: Deutschland und EU (siehe Factsheet 14)**

Wie viele Sekundärrohstoffe gewonnen werden können, hängt von vielen Faktoren ab: Die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Produktes bestimmt, in welcher Zeitspanne es dem Recycling zur Verfügung steht und somit die in ihm gebundenen Rohstoffe. Auch wie viele Mobiltelefone tatsächlich gesammelt werden, wie hoch die Materialverluste im Recyclingverfahren sind und die generelle Rezyklierbarkeit der Produkte bestimmen die Menge und Qualität der gewonnenen Sekundärrohstoffe (DERA 2011).

Das Ziel des Recyclings von Produkten ist es, den Lebenszyklus z.B. eines Mobiltelefons auch in der Entsorgungsphase zu optimieren, sodass möglichst viele Metalle (Edel-, Sondermetalle und Basismetalle wie Kupfer) zurückgewonnen werden können und gleichzeitig toxische Substanzen verfahrenstechnisch behandelt werden (z.B. durch Abscheidung, Filtern). Bisher können aber nicht alle Stoffe aus einem Mobiltelefon zurückgewonnen werden. Ein Verfahren, bei dem hohe Rückgewinnungsquoten für Metalle erreicht werden, ist der integrierte Hüttenprozess (Hagelücken 2011). Allerdings können auf diese Weise nicht alle Sekundärrohstoffe in der Industrie wieder eingesetzt werden: hier kommt es auch auf die Qualität der Rohstoffe an (DERA 2011).

→ **Arbeitsschritte bei Handy Recycling (siehe Factsheet 11)**



Ein Mobiltelefon besteht aus einer Vielzahl an Stoffen: 17 aus ca. 60 Stoffen werden derzeit zurückgewonnen

Mobiltelefone bestehen durchschnittlich zu ca. 50% aus Kunststoffen und ca. 15% aus Glas und Keramik. Diese Bestandteile werden nicht auf die gleiche Weise recycelt wie die Metalle und erhalten daher kein zweites Leben. Sie werden sowohl im Verfahren des sogenannten integrierten Hüttenprozesses als auch über den Hausmüll nur energetisch genutzt.

Lediglich die Metalle, die ca. 28% des Mobiltelefons ausmachen (davon 15% Kupfer, weitere Metalle sind Kobalt oder Lithium, Eisenmetalle, Nickel, Zinn, Zink, Silber, Chrom, Tantal, Cadmium, Blei), werden derzeit recycelt. Dazu kommen andere Stoffe, darunter Antimon, Gold und Beryllium mit weniger als 0,1% Anteil. Insgesamt kommen etwa 60 verschiedene Stoffe in einem Mobiltelefon vor (UBA 2007, S. 11). Bis zu 17 Metalle können durch den integrierten Hüttenprozess zurückgewonnen werden.

→ Arbeitsschritte bei Handy Recycling (siehe Factsheet 11)

Durch Recycling spart man Primärressourcen und schont die Umwelt

Recycling kann ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein. Prinzipiell bietet es gegenüber der Nutzung primärer Rohstoffe viele Vorteile wie z.B.:

- Verringerung des Einsatzes primärer Rohstoffe und somit die Verminderung der Importabhängigkeit sowie die Schonung von natürlichen Ressourcen
- Verringerung des Energiebedarfs im Vergleich zur Primärproduktion
- Senkung von Treibhausgasemissionen im Vergleich zur Primärproduktion
- Verringerung der zu deponierenden Reststoffmengen (DERA 2011).

Einige Metalle lassen sich fast beliebig oft wieder verwenden: Zum Beispiel weisen rezykliertes Gold, Palladium oder Kupfer chemisch/physikalisch die gleiche Qualität auf wie die Metalle aus der Primärproduktion (Bergbau) (Hagelüken 2009a). Zudem liegen im Recyclingmaterial sehr viel höhere Metallkonzentrationen vor als im Bergbau. Hier findet man Gold (und ähnlich Palladium) mit einem Anteil von 5 g pro Tonne Erz. Beim Recycling enthält eine Tonne Mobiltelefone ca. 300g Gold und 100g Palladium (ohne Akku) (Hagelüken 2009a).

Die höhere Metallkonzentration in den Mobiltelefonen führt dazu, dass der Energieaufwand pro Tonne gewonnenen Metalls für die Wiederverwertung deutlich geringer ist. Im Jahr 2007 wurden von einem Recycling-Unternehmen 70.000 t Metall gewonnen. Dabei fielen rund 0,27 Mio. t CO₂ an. Die gleiche Metallerzeugung aus Primärrohstoffen hätte hingegen um den Faktor 5 höhere CO₂-Emissionen von 1,3 Mio. t zur Folge gehabt¹ (Hagelüken 2009 a).

¹ Die CO₂-Emissionen wurden mit ecoinvent Daten für die Primärerzeugung bewertet.



Große Mengen der weltweiten Metallproduktion geht in die Herstellung von Mobiltelefonen

Aus den Daten für das einzelne Mobiltelefon kann man die Menge der Metalle, die in ca. 1 Milliarde Mobiltelefonen enthalten sind, abschätzen. Tabelle 1 zeigt die sieben Metalle mit dem höchstem Anteil am Materialbedarf eines Mobiltelefons (Kupfer, Eisen, Aluminium, Nickel, Zinn für das Mobiltelefon und Lithium, Kobalt für das Akku) und die fünf wertvollsten Metalle (Silber, Gold, Palladium, Tantal, Indium), die in einem durchschnittlichen Mobiltelefon von 100g enthalten sind. Die Abschätzung der Metalle und ihres Anteils von der Weltproduktion, die jährlich für die weltweite Mobiltelefonproduktion gebraucht werden, sind in der vierten Spalte zu sehen. Bemerkenswert ist, dass Lithium ca. 16%, Palladium ca. 7% und Kobalt ca. 5% der jährlichen Weltproduktion der jeweiligen Metalle im Jahr 2008 ausmachte. Es gehen also jährlich große Mengen der Metallproduktion in die Herstellung von Mobiltelefonen.

Tab. 1 Anteile einiger Metalle für die Mobiltelefonproduktion an der Weltproduktion der jeweiligen Metalle

Metall ²	Menge in 1 Mrd. Mobiltelefone (Tonnen)	Weltproduktion 2011 (Tonnen)	Menge in 1 Mrd. Mobiltelefone als Anteil der Weltproduktion (%)
Kupfer	15.000	16.100.000	0,1
Lithium	4.000	34.000	11,8
Kobalt	4.000	98.000	4,1
Eisen	3.000	2.800.000.000	<0,1
Aluminium		44.100.000	<0,1
Nickel	2.000	1.800.000	0,1
Zinn	1.000	253.000	0,4
Silber	500	23.800	2,1
Gold	Ca. 27	2.700	1,0
Palladium	Ca. 15	204*	7,4
Tantal	Ca. 4	790	0,5
Indium	Ca. 2	640	0,3

Quelle: Eigene Darstellung aktualisiert nach Reller et al. 2009 und Hagelüken 2011 (Daten wurden basierend auf UNEP 2006 erstellt bzw. nach USGS 2012 aktualisiert); * Angaben beziehen sich auf 2008

Was kann man zurückgewinnen?

Weltweit gibt es sehr gute durchschnittliche „End-of-Life Recycling Rates“ von mehr als 50% für 18 Metalle: Aluminium, Titan, Chrom, Magnesium, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Niob, Rhodium, Palladium, Silber, Zinn, Rhenium, Platin, Gold und Blei. Bei Magnesium, Molybdän und Iridium sind die Recyclingquoten zwischen 25 und 50% (Graedel et al. 2011). Die Recyclingraten sind je nach Land und Produkten unterschiedlich (RNE 2011).

² Für alle Metalle bis auf Eisen beziehen sich die Daten über die Weltproduktion auf die jeweiligen Metalle und nicht auf die jeweilige Förderung als Erz.

Aus Mobiltelefonen können in spezialisierten Recyclinganlagen (integrierter Hüttenprozess) neben Kupfer die Edelmetalle Silber, Gold sowie Palladium mit Raten um 95% in hoher Reinheit zurück gewonnen werden (Buchert et al. 2012). Gold erreicht sogar die sehr hohe Quote von 98% (Chancerel und Rotter 2009). Für Kobalt aus den Lithiumionen-Akkus existieren inzwischen vergleichbar effiziente Verfahren.

Unedle Bestandteile (z.B. Glas, Aluminium) werden bei dem Verfahren in eine Schlacke eingebunden und können nicht zurück gewonnen werden. Kunststoffanteile werden energetisch genutzt; ein Recycling findet in diesem Verfahren nicht statt.

Bei den Seltenen Erden und Spurenelementen wie Gallium, Lithium oder Indium ist eine Rückgewinnung oft sehr schwierig (Dissipation³): man stößt gegen die natürlichen thermodynamischen Grenzen der Materialien, die zusätzlich nur in sehr geringen Mengen in den Mobiltelefonen enthalten sind. Außerdem tauchen diese Elemente oft in schwierigen Metallkombinationen auf. Insbesondere Seltene Erden und Tantal können derzeit aus thermodynamischen Gründen nicht aus Mobiltelefonen zurückgewonnen werden (Hagelüken 2011).

In einem belgischen Schmelzer sind beispielsweise aus ca. 300.000 t jährlichem Einsatzmaterial mit diesem Verfahren ca.: 1000 t Silber, 30 t Gold, 37 t Platingruppenmetalle, 65.000 t Kupfer / Blei und Nickel sowie 3.500 t weitere Metalle (Zinn, Selen, Tellur, Indium, Antimon, Bismut, Arsen) recycelt worden (Hagelüken 2011). Es sind also ca. 70.000 t Metalle pro Jahr in dieser Anlage zurück gewinnbar.

Wie viel ist es wert?

Edel- und Sondermetalle sind zwar nur in Spuren in den Mobiltelefonen vorhanden, sind aber die Materialien mit dem größten Wert und machen somit 80 % des stofflichen Wertinhaltes aus (Hagelüken 2009a). Welchen Wert die Rohstoffe eines Mobiltelefons nach dem Recycling haben, lässt sich grob abschätzen wie die folgende Tabelle zeigt. Betrachtet man allein den Wert der vier Metalle Kupfer, Silber, Gold und Palladium sieht man, dass trotz geringer Anteile von z.B. Gold im Mobiltelefon, der Wert knapp 59 US-Cent (ca. 45 Eurocent) pro Mobiltelefon beträgt. Hier sind noch nicht die weiteren Metalle eingerechnet.

Tab. 2 Rückgewinnungsquoten und Rohstoffpreise ausgewählter Metalle im Mobiltelefon

Metall	Menge pro Mobiltelefon (kg)	Rückgewinnungsquote (%)	Preis (USD/kg) ^{c)}	Zurück-gewonnene Menge (kg)	Wert der zurückgewonnenen Metalle (USD/Mobiltelefon)
Kupfer	0,015 ^{a)}	95 ^{b)}	7	0,01425	0,10
Silber	0,0005 ^{a)}	95 ^{b)}	430	0,000475	0,02
Gold	0,000027 ^{b)}	98 ^{d)}	22.280	0,00002646	0,59
Palladium	0,000015 ^{a)}	95 ^{b)}	11.413	0,00001425	0,16
Summe					0,87

Quellen: a) Reller et al. 2009 b) Hagelüken 2011 c) Schlupe et al. 2009 basierend auf durchschnittlichen Werten aus 2007 d) Chancerel und Rotter 2009

³ Den Effekt, dass ein Rohstoff, einmal in die Technosphäre gekommen, sehr schwer wieder zurück in die Natur gelangen kann, nennt man „Dissipation“ (nicht auszugleichende Verluste, z. B. durch Korrosion, Abrieb und sonstigen Verlust).

Die Rohstoffpreise unterliegen allerdings Schwankungen. Insgesamt zeigt sich aber, dass bei vielen Metallen die Preise stark gestiegen sind. Kupfer ist in den Jahren 1988 bis 2008 insgesamt um 224% gestiegen. Im selben Zeitraum stiegen Palladium um 260%, Gold um 104% und Silber um 160%. Zu den Spitzenreitern zählt Kobalt mit 541% (Hagelüken / Mesters 2010, S. 171).

Illegaler Export von funktionierenden Mobiltelefonen in Entwicklungs- und Schwellenländern

Mobiltelefone werden nicht nur in Deutschland oder Europa entsorgt. Elektro- und Elektronikaltgeräte für den Privatgebrauch müssen laut eines Gesetzes von 2005 (ElektroG) bei den Sammelstellen der Kommunen abgegeben und vom Hersteller entsorgt werden. Sie dürfen nicht exportiert werden. Dennoch finden solche Exporte von Elektroschrott aus Europa in Entwicklungs- und Schwellenländer statt, häufig indem Schrott falsch deklariert als Secondhandware noch funktionsfähiger Geräte gekennzeichnet wird (vgl. Nordbrand 2009; Sander et al. 2010). Zum Beispiel wurden im Jahr 2008 zwischen 93.000 t und 216.000 t Elektro- und Elektronik-Alt- und -Gebrauchtgeräte aus Deutschland exportiert. Die gesammelte Menge bei den offiziellen Sammelstellen betrug im Jahr 2006 ca. 754.000 t (Zahlen für 2008 lagen noch nicht vor). Dabei ist unklar, welcher Anteil der exportierten Geräte tatsächlich nicht mehr funktionsfähiger Elektroschrott war.

In vielen dieser Länder gibt es keine adäquate Entsorgungsinfrastruktur. Oft wird das Elektronikrecycling von kleinen, informellen Unternehmen geprägt, so dass die Entsorgung der Geräte mit Umwelt- und Gesundheitsbelastungen sowie dem Verlust wertvoller und umweltrelevanter Rohstoffe einhergeht (vgl. Sander et al. 2010; Schlupe et al. 2009). Sonstige Abfälle werden meist in direkter Umgebung der Recyclingstätten auf wilden Deponien entsorgt, teils mit gravierender Kontamination der Umwelt durch Schwermetalle und organische Schadstoffe (z.B. Dioxine) (vgl. Manhart 2007).

Die Sammlung von Mobiltelefonen wird nicht erfasst. Es gibt einige Anlaufstellen, bei denen man nicht mehr benötigte Mobiltelefone abgeben kann. Hier werden sie sortiert und entweder wieder genutzt (nach Reparatur) oder recycelt. Es bestehen folgende Möglichkeiten:

Annahmestellen

- der kommunalen Entsorger (Recyclinghof)
- des Handels (Abgabe bei Mitarbeiter/in)
- der Handy-Hersteller (Shop, Fachmarkt)
- der gewerblichen Annahmestellen (Recyclinghof)

Sammelboxen in

- Handy-Shops
- Betrieben
- Läden / Supermärkten

Zuschicken per Zustelldienst an

- Handy-Hersteller
- Mobilfunkbetreiber
- Verbände

→ Nachhaltige Nutzung von Mobiltelefonen; Recycling-Kampagnen (siehe Factsheet 9, 15)



Literatur und Links

- Buchert, M. / Manhart, A. / Bleher D. / Pingel, D. (2012): Recycling kritischer Rohstoffe aus Elektronik-Altgeräten. LANUV-Fachbericht 38.
- DERA - Deutsche Rohstoffagentur (2011). Deutschland Rohstoffsituation 2010. DERA, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Graedel, T. E. / Reck, B. / Buchert, M. / Hagelüken C. et al. (2011): "Recycling rates of metals", United Nations Environment Programme, (UNEP eds.).
- Hagelüken, C. (2009): Edelmetalle auf dem Weg ins Nirwana. Umweltmagazin, Juni 2009, S. 16-17.
- Hagelüken, C. (2009a): „Urban Mining“ ist wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Dow Jones Trade News Emissions, Nr.5, März 2009, S. 14-16.
- Hagelüken, C. / Meskers, C. E. M. (2010): Complex Life Cycles of Precious and Special Metals. In: Graedel, T. E. / Voet, E. van der (Hg.): Linkages to Sustainability (Strüngmann Forum Reports), MIT Press.
- Hagelüken, C. (2011): Recycling von Mobiltelefonen, Präsentation beim Fachgespräch „Fachgerechtes Recycling von Telekommunikationsgeräten“, 11. Mai 2011, Berlin.
- Manhart, A. (2007): Key Social Impacts of Electronics Production and WEEE-Recycling in China. Studie des Öko-Instituts im Auftrag von EMPA und SECO. Freiburg.
- Reller, A. / Bublies, T. / Staudinger, T. / Oswald, I. / Meißner, S. / Allen, M. (2009): The Mobile Phone: Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator. GAIA 18 (2): S. 127-135.
- UBA (2007): Seltene Metalle. Dessau. (auf: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3182.pdf>).
- UNEP (United Nations Environmental Programme) (2006): Cell phone composition. UNEP/GRID-Arendal maps and graphics library. (auf: http://maps.grida.no/go/graphic/cell_phone_composition , accessed May15, 2009).
- Schluep, M / Hagelueken, C. / Kuehr, R. / Magalini, F. / Maurer, C. / Meskers, C. / Mueller, E. / Wang, F. (2009): Re-cycling – From E-Waste to Resources. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. UNEP/StEP (Hrsg.). Berlin.
- USGS (U.S. Geological Survey) (2012): Mineral commodity summaries 2010: U.S. Geological Survey, Washington
- Sander, K. / Schilling, S. (2010): Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. Texte, Nr. 11/2010. Dessau-Rosslau. (auf: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=3769 , Zugriff 01.12.2010).
- Nordbrand, S. (2009): Out of Control: E-waste trade flows from the EU to developing countries. Hrsg.: SwedWatch im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. (auf: http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en).

GEFÖRDERT VOM



Forschungs- und Kommunikationsprojekt zur Rückgabe und Nutzung gebrauchter Handys im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2012 – Zukunftsprojekt ERDE



Projektleitung: Dr. M. J. Welfens



Projektteam: J. Nordmann, Dr. O. Stengel, K. Bienge, K. Kennedy, T. Lemken, A. Seibt, E. Alexopoulou
Layout: J. Nordmann, P. Oettershagen

Dezember 2013

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Döppersberg 19, 42103 Wuppertal