

PolRess AP2 – Instrumentenanalysen

## Kurzanalyse

**Politikinstrumente zur Umsetzung von Rücknahmesystemen im Bereich Elektroaltgeräte**

Anne Lambert  
Dr. Martin Hirschnitz-Garbers  
Ecologic Institut, Berlin

Henning Wilts  
Nadja von Gries  
Wuppertal Institut



## PolRess – Ressourcenpolitik

Ein Projekt im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes  
Laufzeit 01/2012 – 05/2015  
FKZ: 3711 93 103



### Fachbegleitung UBA

Judit Kanthak  
Umweltbundesamt  
E-Mail: [judit.kanthak@uba.de](mailto:judit.kanthak@uba.de)  
Tel.: 0340 – 2103 – 2072

### Ansprechpartner Projektteam

Dr. Klaus Jacob  
Freie Universität Berlin  
E-Mail: [klaus.jacob@fu-berlin.de](mailto:klaus.jacob@fu-berlin.de)  
Tel.: 030 – 838 54492

### Projektpartner:



*Die veröffentlichten Papiere sind Zwischen- bzw. Arbeitsergebnisse der Forschungsnehmer. Sie spiegeln nicht notwendig Positionen der Auftraggeber oder der Ressorts der Bundesregierung wider. Sie stellen Beiträge zur Weiterentwicklung der Debatte dar.*

Zitationsweise: Lambert, A. / Hirschnitz-Garbers, M. / Wilts, H. / v. Gries, N. (2014): Politikinstrumente zur Umsetzung von Rücknahmesystemen im Bereich Elektrogeräte. Kurzanalyse AP2 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess).

## Inhaltsverzeichnis

1. Problem:.....	1
2. Ziel:.....	3
3. Beschreibung verschiedener Instrumente und Analyse ihrer Wirkungen: .....	3
4. Optionen zur Verbesserung der Wirkungen: .....	7
4.1 Szenario Handypfand.....	8
4.2 Szenario Sammelmobile für EAG .....	10
5. Ausblick: .....	12
6. Quellenverzeichnis .....	14

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: EuE-Exporte aus Deutschland in sechs ausgewählte Empfängerländer (Bezugsjahr 2007) .....	1
Tabelle 2: Weltweite Metallverwendung in elektronischen und elektrischen Geräten (EuE).....	2
Tabelle 3: Beispiele für Rücknahmewege für Altelektrogeräte.....	4
Tabelle 4: Materialzusammensetzung der Sammelgruppe SG3 und SG5 .....	11
Tabelle 5: Materialspezifischer kumulierter Rohstoffaufwand verknüpft mit Gerätezusammensetzungen der Sammelgruppe SG3 und SG5 .....	17

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Massen-, Wert- und TMR-Anteile in Handys ..... 12

## Abkürzungen

BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CRT	Kathodenstrahlröhre ( <i>cathodic ray tube</i> )
DUH	Deutsche Umwelthilfe
EAG	Elektroaltgeräte
EuE	Elektro- und Elektronikgeräte
KMU	kleinere und mittlere Unternehmen
NABU	Naturschutzbund Deutschland e.V.
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
UBA	Umweltbundesamt

## 1. Problem:

In Deutschland werden pro Jahr rund 800.000 t Elektroaltgeräte erfasst (UBA 2013). Erhebliche Ressourceneffizienzpotenziale in der Kreislaufführung von Rohstoffen bleiben jedoch bisher ungenutzt und werden durch Ineffizienzen entlang der gesamten Entsorgungskette bestimmt (Hagelüken 2011). Die gegenwärtigen Sammel- und Behandlungsmengen bleiben aus unterschiedlichsten Gründen (z.B. illegale Exporte, fehlende Bereitschaft und geringes Bewusstsein bei ,Verbraucherinnen und Verbrauchern, unzureichende Rücknahmeinfrastruktur)) weit unterhalb der theoretischen Abfallmengen. Teilweise gelangen die gesammelten Mengen nicht in die vom ElektroG vorgesehenen Wege und werden daher nicht vom Monitoring erfasst bzw. werden nicht korrekt gemeldet. Insgesamt sind die Entsorgungswege von Elektroaltgeräten komplex und vielschichtig und es bestehen signifikante Möglichkeiten zur Steigerung der erfassten Sammelmengen.

Betrachtenswert ist der illegale Export von Elektroaltgeräten nach Afrika und Asien unter dem Deckmantel des Handels mit Gebrauchsgütern, insbesondere da hier häufig umwelt- und gesundheitsschädliche Methoden, wie beispielsweise Verbrennen von Kunststoffbauteilen, angewandt werden, um ökonomisch wertvolle Rohstoffe zu gewinnen und dadurch in Elektroaltgeräten vorhandene Schadstoffe in die Umwelt gelangen.

Tabelle 1: EuE-Exporte aus Deutschland in sechs ausgewählte Empfängerländer (Bezugsjahr 2007)

Land	Ghana	Nigeria	Südafrika	Vietnam	Philippinen	Indien
<b>Gewicht in t</b>	468	2.678	10.592	2.140	423	6.045

Quelle: Sander et al. (2010)

Im Jahr 2008 betragen die EuE-Exporte (Elektro- und Elektronikgeräte) aus Deutschland etwa 155.000t (Sander et al. 2010); der Anteil illegaler Exporte lässt sich nicht feststellen, wird jedoch als „Großteil“ tituiert. Die Exporte enthielten etwa 37.000t Stahl, 65.000t CRT-Glas und 23.000t Kunststoffe. Die Masseangaben sind ein Mittelwert aus verschiedenen statistischen Erfassungen und Expertenschätzungen (UBA 2010).

Bei Elektrokleingeräten sind vor allem die Mülltonnengängigkeit und die häusliche Lagerung maßgebliche Gründe für geringen Sammelraten (Chancerel 2010). Laut einer Umfrage des Verbandes BITKOM haben zwei Drittel der deutschen Bürger ungenutzte Handys zu Hause gelagert (BITKOM 2011). Eine Untersuchung des Wuppertal Instituts hat die Barrieren der Handyrückgabe analysiert und mangelndes Problem- und Verantwortungsbewusstsein sowie hohe Transaktionskosten des Recyclings als zentrale Hemmfaktoren herausgestellt (Welfens et al. 2012).

Die unzureichende Erfassung ist häufig gefolgt von ungeeigneten Vorbehandlungsverfahren, wodurch die Gewinnung von Sekundärrohstoffen zusätzlich erschwert wird. Insbesondere das Schreddern verteilt gering konzentrierte Edel- und Sondermetalle in andere Fraktionen und macht eine Rückgewinnung dieser Metalle praktisch unmöglich (Bolland et al. 2010). Nach Chancerel 2010 verringert eine mechanische gegenüber einer manuellen Vorbehandlung die Rückgewinnungspotenziale von Gold und Palladium erheblich. Betrachtet man das abschließende Refining als letzten Schritt zur Rückgewinnung dieser Metalle aus Elektroaltgeräten, so gibt es weltweit nur fünf Unternehmen, die in großem Maßstab neben Massemetallen auch einzelne Technologiemetalle zurückgewinnen (SRU 2012). Eine aktuelle Studie des Öko-Instituts (2012) schätzt Sammelmengen von beispielsweise Computerbildschirmen auf nur 50 %. Bei Handys

bewegen sich die Rücklaufquote sogar nur um etwa 5%, so dass große Potenziale einer technisch machbaren und ökonomisch rentable Rückgewinnung von Metallen verloren gehen: Nach der Entfernung des Akkus können Handys und Smartphones „ohne Zwischenschritte direkt in pyrometallurgischen Anlagen verwertet werden [...]: vor allem Kupfer und die Edelmetalle Silber, Gold und Palladium können auf diese Weise mit sehr hohen Rückgewinnungsraten (rund 95%) wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgebracht werden.“(Öko-Institut 2012, Seite 71). Tabelle 1 verdeutlicht anhand der Mengenströme und des Wertes der eingesetzten Metalle, welches Ressourcen- und wirtschaftliche Potenzial durch eine geringe Rücklaufquote verloren geht.

Tabelle 2: Weltweite Metallverwendung in elektronischen und elektrischen Geräten (EuE)

Metall	Bedarf für EuE in Tonnen/Jahr	Bedarf in % der Gesamtproduktion	In EuE enthaltener Wert* in tausend US\$	Einsatzbereich
Ag - Silber	6.000	30	2.600	Kontakte, Schalter, Lötmittel ...
Au - Gold	300	12	6.700	Anschlusskabel, Kontakte, Schaltkreise ...
Pd -Palladium	33	14	400	Multilayerkondensator, Anschlüsse
Pt - Platin	13	6	500	Festplatten, Wärmefühler, Fuel Cells
Ru - Ruthenium	27	84	500	Festplatten, Plasmabildschirme
Cu - Kupfer	4.500.000	30	32.100	Kabel, Drähte, Anschlüsse ...
Sn - Zinn	90.000	33	1.300	Lötmittel
Sb - Antimon	65.000	50	400	Flammschutz, CRT-Glas
Co - Kobalt	11.000	19	700	Akkus
Bi - Bismuth	900	16	30	Lötmittel, Kondensatoren, Wärmeableiter ...
Se - Selen	240	17	20	Elektroptik, Kopierer, Solarzellen,
In - Indium	380	79	300	LCD-Glas, Lötmittel, Halbleiter

\*Durchschnittspreis 2007

Quelle: UNEP 2009

Diese Mengenströme stellen enorme Potenziale für ein Recycling dieser Metalle dar. So enthalten etwa 41 Handys im Durchschnitt so viel Gold wie eine Tonne Erz (NABU 2011). Eine Gewinnung von Sekundärrohstoffen kann damit den angespannten Rohstoffmarkt entlasten und die Umweltbelastung durch deren Abbau im hohen Maß verringern.

Produktrücknahmesysteme nehmen als ersten Schritt in der Entsorgungskette eine zentrale Stellung ein, da die Erfassung Grundvoraussetzung für ein stoffliches Recycling und die Wiederverwendung ganzer Produkte oder Bauteile ist.

Zur Erhöhung der Sammelmengen werden bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Instrumente wie Rücknahme- und Rückgabepflichten, Pfandsysteme und rechtlichen Vorgaben zu Sammelmengen eingesetzt, allerdings mit sehr unterschiedlichen und häufig unzureichenden Ergebnissen.

## 2. Ziel:

Anhand des Abfallstroms Elektroaltgeräte (als Beispielfall für hoch mobile Abfälle) skizziert die Kurzanalyse Gründe für bestehende geringe Rücklaufquote und untersucht Vor- und Nachteile unterschiedlicher Instrumente im Bereich Rücknahmesysteme.

Darüber hinaus werden – wo möglich – grobe Ressourceneffizienzpotenziale bei der Übertragung von Best Practice Beispielen benannt. Abschließend wird ein Ausblick auf mögliche Optionen zur Verbesserung der Wirkungen gegeben.

## 3. Beschreibung verschiedener Instrumente und Analyse ihrer Wirkungen:

In Deutschland bietet das ElektroG (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, Elektro- und Elektronikgerätegesetz) aus dem Jahre 2005 (zuletzt geändert im Februar 2012) die Grundlage für eine Vielzahl verschiedener Rücknahmesysteme für Elektroaltgeräte.

Das ElektroG setzte damit die Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte in nationales Recht um. Die Novelle der Richtlinie, die im Jahre 2012 mit der Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronikaltgeräte verabschiedet wurde, macht die Umsetzung der novellierten Richtlinie in nationales Recht bis Ende Februar 2014 erforderlich. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Januar 2014) haben zwar erste ressortinterne Verhandlungen stattgefunden, aber ein Referentenentwurf des novellierten ElektroG ist noch nicht bekannt.<sup>1</sup>

Das ElektroG in seiner gegenwärtig gültigen Form legt Anforderungen an die Produktverantwortung nach § 23 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes für Elektro- und Elektronikgeräte fest mit dem vorrangigen Ziel, Abfälle von Elektro- und Elektronikgeräten zu vermeiden und darüber hinaus die Wiederverwendung, die stoffliche Verwertung und andere Formen der Verwertung solcher Abfälle zu steigern. Dazu sollen die Geräte so konzipiert werden, dass Demontage, Wiederverwendung und stoffliche Verwertung sowie eine problemlose Entnehmbarkeit der Batterien und Akkumulatoren gewährleistet ist. Hersteller von Elektro-

---

<sup>1</sup> Siehe z.B. URL <http://www.welelux.de/de/elektrog-weee/elektrog-novelle.html>, eingesehen am 10. Januar 2014.

und Elektronikgeräten sind verpflichtet, eine gemeinsame Stelle einzurichten (das ist mit der “Stiftung Elektro-Altgeräte Register”, Stiftung EAR<sup>2</sup> umgesetzt), sich vor Inverkehrbringen der von ihm hergestellten Geräte kostenpflichtig registrieren zu lassen<sup>3</sup> und eine insolvenz sichere Garantie für die Finanzierung der Rücknahme und Entsorgung seiner nach dem 13. August 2005 in Verkehr gebrachten und für Anwendung in privaten Haushalten bestimmten Elektro- und Elektronikgeräte nachzuweisen.

Altelektrogeräte sind getrennt in von öffentlich-rechtlichen, kommunalen Entsorgungsträgern einzurichtenden Sammelstellen in entsprechende Behältnisse (diese sind von den Herstellern unentgeltlich und in einer der sicheren Verwahrung der Altelektrogeräte garantierenden Art, Form, Beschaffenheit, etc. bereitzustellen) abzugeben, von wo sie dann von den Herstellern abzuholen sind. Die Hersteller sind verpflichtet, die Altgeräte oder deren Bauteile wiederzuverwenden, entsprechend des ElektroG zu behandeln oder zu entsorgen sowie die Kosten der Abholung und der Entsorgung zu tragen.

Neben diesem gesetzlich verpflichtenden Rücknahmesystem können Vertreiber Altgeräte freiwillig zurücknehmen und Hersteller freiwillig individuelle oder kollektive, mit dem Gesetzeszweck des ElektroG in Einklang stehende Rücknahmesysteme für die unentgeltliche Rückgabe von Altgeräten aus privaten Haushalten einrichten und betreiben.

Beispiele für Rücknahmewege sind neben den oben genannten und gesetzlich vorgeschriebenen zentralen Sammelstellen/Recyclinghöfe (über die auch der größte Anteil der Elektroaltgeräte erfasst wird) u.a.:

Tabelle 3: Beispiele für Rücknahmewege für Altelektrogeräte

Beispiele für	
gesetzlich vorgeschriebene Rücknahmewege	freiwillige Rücknahmewege
Behälter-Sammlung mit Abholung, entweder am Haushalt (Tonnen) oder an öffentlichen Plätzen (Depotcontainer)	Sammelboxen im Handel
Schadstoffmobile	Rücknahme per Post (Handys, sonstige kleine EAG)
Erfassung bei Sperrmüllsammlung	
Regelmäßige Straßensammlung	
Abholung mit Termin; tlw. aus Wohnung	

Einige Rücknahmewege sind bundesweit aufgebaut, beispielsweise die Recyclinghöfe, einige lokal begrenzt, einige sind parallel zu einander verfügbar.

Die überwiegende Mehrzahl der Rücknahmewege bietet keine finanziellen Anreize für Besitzer von Altelektrogeräten, die Geräte tatsächlich zurückzugeben, sodass ihr Erfolg stark vom Umweltbewusstsein der Verbraucherinnen und Verbraucher abhängt und davon, ob eine Nutzung einfach in den Alltag zu

<sup>2</sup> Siehe URL <http://www.stiftung-ear.de/>, eingesehen am 10. Januar 2014.

<sup>3</sup> Siehe URL [http://www.stiftung-ear.de/service\\_und\\_aktuelles/fragen\\_und\\_antworten/kosten/was\\_kostet\\_die\\_registrierung\\_bei\\_der\\_stiftung\\_ear](http://www.stiftung-ear.de/service_und_aktuelles/fragen_und_antworten/kosten/was_kostet_die_registrierung_bei_der_stiftung_ear), eingesehen am 10. Januar 2014.

integrieren ist, also z.B. davon, ob Sammelstellen auf dem Weg zu alltäglichen Erledigungen liegen und nicht zu weit entfernt sind.

Eine Untersuchung alternativer Sammelmodelle im Rahmen des Projekts „Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten“ im Auftrag des Umweltbundesamtes hat solche Rücknahmesysteme anhand von Best Practice Beispielen untersucht (Wilts 2013).

Beispielsweise ist die Sammlung in Wertstoffcontainern im Haushalt (Wertstofftonne) für den Verbraucher sehr bequem. Häufig findet dabei eine Vermischung mit anderen Wertstoffen, z.B. Kleidung, statt, die aus ökonomischen Gründen gewollt ist, gleichzeitig sind dabei jedoch auch eine Reihe von Schwierigkeiten insbesondere im Hinblick auf Schadstoffe (Bünemann et al. 2011). Während die Konstruktion von Sammelboxen im Handel darauf abzielt den Gerätezustand zu erhalten, wird der Zustand der Geräte aus der Wertstofftonne oder Wertstoffcontainern beim mehrmaligen Umladen vom Container in den Transporter und später in Sammelcontainer beim Verwerter erheblich verschlechtert; eine Wiederverwendung dieser Geräte ist unwahrscheinlich. Bei den Sammelboxen hingegen erweist sich der Transport nicht wegen des Zustands der Geräte als problematisch, sondern vielmehr wegen eines hohen Diebstahlrisikos auf dem Weg zum Behandler.

Recyclinghöfe müssen von den Verbraucherinnen und Verbrauchern extra angefahren werden, was eine individuelle Barriere darstellt. Sie können – ausreichendes und qualifiziertes Personal vorausgesetzt – jedoch kontrolliert und mit geringer Vermischung sammeln. Das Ziel dieser Erfassungsstrukturen ist in der Regel eine stoffliche Verwertung, die in der Abfallhierarchie hochrangiger eingestufte Wiederverwendung ist die Ausnahme. Ähnlich kontrollierte Bedingungen bietet die Elektroaltgeräteerfassung mit dem Sammelmobil. Hierbei ist der geringere individuelle Aufwand für die Verbraucherinnen und Verbraucher durch einen höheren Aufwand für den Sammler geschuldet. Besonders vorteilhaft ist der persönliche Kontakt mit dem Personal, der einen Austausch über Gerätezustand und eine sorgfältige Lagerung verspricht. Allerdings sind diese Strukturen auf Elektroaltgeräte beschränkt und beispielsweise nicht für Kühlschränke geeignet.

Die Rücknahme von Mobiltelefonen und anderen sehr kleinen EAG per Post, z.B. von der Deutschen Telekom in Zusammenarbeit mit Deutschen Umwelthilfe (DUH) koordiniert, ist häufig mit karitativen Zwecken und/oder einem monetären Anreiz verbunden und zielt auf eine mögliche Wiederverwendung ab. Auch im Fall von Electroreturn als Alternativmodell von Alba R+ stehen weniger Gewinnerzielungsabsichten als Kundenbindungs- und Marketingaspekte im Vordergrund. Der kostenfreie Postversand stellt eine niedrige finanzielle Hürde für Verbraucher dar (teilweise kommen hier noch die Transaktionskosten der Verpackung für den Versand und der Abgabe bei der Post hinzu, in einzelnen Systemen erfolgt z.B. der Versand auch kostenfrei). Das System ist für Sammler leicht handhabbar, der Transport ist relativ komplex, nutzt jedoch ein vorhandenes und erprobtes System. Die Nutzungsquote ist stark abhängig vom Bekanntheitsgrad und kann durch Informationskampagnen gesteigert werden: Die DUH erfasst mit ihrer Sammlung durchschnittlich 200.000 Mobiltelefone pro Jahr; im Jahr 2011 wurde eine große Marketingaktion durchgeführt und ließ die Menge der gesammelten Mobiltelefone auf 750.000 ansteigen (Wilts und von Gries 2012). Eingesandte Geräte sind überwiegend von hoher Qualität im Vergleich zu Geräten aus Sammelcontainern, die oft mehrfach umgelagert werden, und es gibt keine Vermischung, d.h. die Geräte gelangen direkt oder über nur eine Zwischenstation zum Verwerter. Wie wirksam Handyrecycling im Einzelnen für die Rohstoffrückgewinnung ist, hängt auch vom Anbieter ab. So verkauft Zonzoo funktionsfähige Gebraucht-Handys auch z.B. nach China oder Indien, (Spiegel Online 2010), wo die

Geräte im Zweifelsfalle am Ende der Nutzungsphase häufig in umweltgefährdende und für die Rückgewinnung von Edelmetallen wenig effiziente Verwertungswege gelangen. Die Telekom dagegen garantiert auf ihrer Website einen Verkauf innerhalb der EU. Um der Sorge um die Datensicherheit zu begegnen, garantiert sie außerdem eine Datenlöschung für eingesandte Handys, weist aber darauf hin, dass bei krimineller Energie keine absolute Datensicherheit besteht (Deutsche Telekom 2013). Das System „Electroreturn“ der Deutschen Post erweitert das postalische Rücknahmesystem auf Kleinelektrogeräte und Druckerpatronen die als Maxibrief versandt werden können.

Die Kurzdarstellung der verschiedenen Rücknahmesysteme zeigt, dass keines der Systeme eindeutig in seinen Vorteilen gegenüber einem anderen System dominiert. Insbesondere die lokale Kontextgebundenheit lenkt den Fokus auf eine effiziente Kombination der einzelnen Rücknahmesysteme (Wilts und von Gries 2012).

### Beispiel Schweden:

In Schweden ist die non-profit Organisation El-Kretsen für die landesweite Sammlung von Elektroaltgeräten verantwortlich. Die Elektronikproduzenten sind im Rahmen der erweiterten Herstellerverantwortung Mitglied dieses Rücknahmesystems und für dessen Finanzierung zuständig (WEEE Forum 2012).

Die Altgeräte werden in Zusammenarbeit mit den Kommunen an über 2600 Sammelstellen in 7 Fraktionen erfasst: Kühlschränke und Gefriergeräte, große weiße Ware, kleine und große elektrische/elektronische Geräte, TV-Geräte und Monitore, Leuchtstofflampen, Leuchtmittel und tragbare Batterien (El-Kretsen 2012). Landesweit gibt es etwa 600 kommunale Recyclingstationen (analog zu den zentralen Sammelstellen in Deutschland), 2.000 Sammelstationen für kleine elektrische und elektronische Geräte und 10.000 Behälter für Batterien (ebd.). Darüber hinaus sind 1,5 Millionen Haushalte an eine Elektroaltgerätesammlung via Holsystem angeschlossen und es gibt eine Reihe von privaten Sammelstationen wie etwa in Firmen (ebd.). Durch Marketing-Aktionen, wie etwa das „Recycling Weekend“ oder die App „Atervinn“ werden die Verbraucher auf die unterschiedlichen Sammelsysteme verstärkt aufmerksam gemacht (ebd.).

Mit ihrem System „El-retur“ hat El-Kretsen im Jahr 2010 15,9 kg Altgeräte pro Einwohner gesammelt, also 45 % mehr als das deutsche System (8,8 kg) (Eurostat 2012) Schweden gilt damit als weltweit führend (El-Kretsen 2008). Für eine Bewertung der Effektivität des Sammelsystems müssen die Sammelmengen in Relation mit den in Verkehr gebrachten Mengen gesetzt werden. Betrachtet man zum Beispiel die Kategorie „Haushaltsgroßgeräte“ ergibt sich für Schweden eine Sammelrate<sup>4</sup> von etwa 74 % und für Deutschland von nur 35 % (Eurostat 2012). Mit Blick auf Haushaltskleingeräte ergibt sich ein völlig anderes Bild - Schweden verzeichnet eine Sammelrate von nur etwa 33% und Deutschland von 75% (ebd.). Die Zahlen sind zwar nur als grobe Größenordnung zu verstehen (z.B. keine Berücksichtigung der Lebensdauer), sie verdeutlichen aber wie die großen Sammelmengen pro Kopf in Schweden zustande kommen: das Produktgewicht von großen Haushaltsgeräten ist im Vergleich zu andern Geräten der WEEE Kategorien verhältnismäßig hoch, eine hohe Sammelmenge solcher Geräte führt daher zu einem viel stärkeren Anstieg der Pro-Kopf-Sammelmenge als beispielsweise mit kleinen Haushaltsgeräten erzielt wird.

---

<sup>4</sup> Die Zahlen zur in Verkehr gebrachten Mengen und Sammelmengen sind aus dem Jahr 2010; die Lebensdauer der Geräte wurde nicht berücksichtigt.

Insgesamt ist das Sammelsystem in Schweden mit einer Sammelrate über alle Kategorien hinweg von etwa 70 % - vor allem in quantitativer Hinsicht - überaus erfolgreich (in Deutschland etwa 45%); allerdings kann über die qualitative Sammeleffizienz (z.B. Kompensation geringer Sammelraten von leichten, möglicherweise ressourcenintensiven Geräten, durch hohe Sammelrate schwerer Geräte) des Systems keine Aussagen getroffen werden.

Hauptziel in Deutschland muss zunächst sein, die Rückgabequote für Elektroaltgeräte zu erhöhen. Dazu müssen Möglichkeiten geschaffen und/oder kommuniziert werden, die den Nutzern die Abgabe erleichtern. Zum Beispiel könnte die Zahl der Rücknahmestellen erhöht und deren Nutzung möglichst einfach (geringer individueller zeitlicher und finanzieller Aufwand) gehalten werden. Des Weiteren ist eine Verbesserung der Vor- und Endbehandlung dahingehend anzustreben, dass Rohstoffe zu einem höheren Anteil wiedergewonnen werden und weniger Metalle verloren gehen. Hier ist nicht nur eine Anpassung oder Weiterentwicklung der Technik gefragt, sondern auch ein recyclinggerechtes Produktdesign, das ein Trennen verschiedener Rohstoffe, die in demselben Produkt eingesetzt wurden, erleichtert. Entsprechende Forderungen nach einem verbesserten „Design for Recycling“ werden jedoch bereits seit langem erhoben, die Realität bewegt sich nach Aussagen von Branchenvertretern jedoch eher in eine entgegengesetzte Richtung.

Neben dem Recycling spielt vor dem Hintergrund der Ressourceneffizienz jedoch auch die Wiederverwendung eine entscheidende Rolle. Die Aussonderung und Aufarbeitung wiederverwendungsfähiger Elektroaltgeräte sowie deren Rückführung in den Wirtschaftskreislauf geht mit einer erheblichen Ressourceneinsparung einher. Angesichts der Abwägung von Rücknahmesystemen hat die Untersuchung alternativer Sammelsysteme nach Wilts und von Gries (2012) gezeigt, dass manche Systeme rein auf die Mengenerhöhung abzielen (z.B. Wertstofftonne), während andere Systeme eine Generierung hoher Mengen in bestmöglicher Qualität, zwecks Wiederverwendung, zum Ziel haben. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Zielstellung der Systeme, ist die Problemstellung daher maßgeblich für die Sinnhaftigkeit einzelner Instrumente.

#### 4. Optionen zur Verbesserung der Wirkungen:

Um die Rohstoffausbeute aus gesammelten Elektroaltgeräten zu verbessern, könnten vorhandene Sammelsysteme, die stark vermischte Chargen sammeln, durch eine manuelle Sortierung verbessert werden bzw. der Zuschnitt der Sammelgruppen entsprechend einer manuellen Vorbehandlung und Demontage angepasst werden. Dies würde Arbeitsplätze schaffen und könnte die Rohstoffausbeute steigern, allerdings wäre eine manuelle Sortierung mit hohen Kosten verbunden. Eine andere Möglichkeit wäre es, die Sammelbehälter für eine spezialisierte Sammlung auszulegen, wie es teilweise im Handel und in Pilotprojekten passiert. Dies würde allerdings einer intensiven Information der Verbraucherinnen und Verbraucher bedürfen und hohes Engagement bei ihnen voraussetzen. Außerdem ist von einem erhöhten Platzbedarf und einer komplexeren Sammelorganisation auszugehen.

In Schweden scheint El-Kretsen auch deshalb erfolgreich zu sein, weil es sich zu einer Gewohnheit der Bevölkerung entwickelt hat, Abfälle zu entsprechenden Sammelpunkten zu bringen. Wichtige Erfolgsfaktoren sind dabei auch die Aufklärung darüber, warum die Rückgabe von Elektroaltgeräten Sinn macht und eine regelmäßige Berichterstattung über die Ergebnisse der Sammlung und Verwertung. Ob sich das schwedische System auf Deutschland übertragen lässt, ist schwer zu sagen, nicht nur das System selbst,

sondern auch Gewohnheiten der Bevölkerung spielen bei Erfolg und Misserfolg eine Rolle (Wilts und von Gries 2012). In Deutschland wird die Nutzung der Recyclinghöfe von Verbraucherinnen und Verbrauchern eher als aufwändig empfunden. Sie werden hauptsächlich nur dann auch für kleinere Altgeräte etc. genutzt, wenn sich größere Mengen bei Verbraucher und Verbraucherin angesammelt haben oder außerdem große Gegenstände entsorgt werden sollen.

Einige Möglichkeiten, die Sammelmengen zu erhöhen, könnten sein:

- Information und Aufklärung von Verbraucher und Verbraucherin durch Broschüren, journalistische Artikel, Veranstaltungen, Aushänge in Geschäften und an öffentliche Plätzen, etc.
- Vermehrte und verbesserte Kontrollen bei der Ausfuhr um illegalen Export von nicht funktionsfähigen Elektroaltgeräten unter der Deklaration eines Exports von Gebrauchtgütern einzudämmen.
- Beim Kauf neuer Geräte deutlich auf Rückgabemöglichkeiten hinweisen.
- Rücknahme-Versandtasche oder -aufkleber ausgeben, z.B. für Handys oder Druckerpatronen.
- Datensicherheit bzw. -löschung für Handys, Computer etc. sicherstellen.
- Monetäre Anreize schaffen, z.B. Rabatt für neues Gerät bei Rückgabe des alten, bzw. ein Pfand beim Kauf.

Hierbei sei angemerkt, dass einzelne dieser Maßnahmen unterschiedlich gut geeignet sind, die Sammelmengen zu erhöhen (so stellt alleine eine verstärkte Kontrolle von gebrauchten Elektrogeräten bei der Ausfuhr noch keine hinreichende Maßnahme dar, da damit nichts über die inländischen Rücknahmewege gesagt ist), sodass eine jeweils kontextspezifische Kombination verschiedener Maßnahmen vorzuziehen ist. Grundsätzlich wäre eine Vermeidung von Elektroaltgeräten wünschenswert, dies könnte durch eine längere Haltbarkeit, bessere Reparier- und Nachrüstbarkeit sowie Wiederverwendung verbessert werden, allerdings spielen hier auch Verbrauchervorlieben eine Rolle, wie z.B. der Wunsch, möglichst das neueste Gerät zu besitzen.

## 4.1 Scenario Handypfand

„Die Erfahrung zeigt: Wenn die alten Sachen Geld bringen, schafft sie immer einer zu den Sammelstellen“, sagt Christian Hagelüken, Manager beim Recyclingunternehmen Umicore (Kiani-Kreß, 2009). Ein Pfand, der bei Kauf eines Mobiltelefons erhoben wird, soll dazu führen, dass die Rückgabe des Altgerätes attraktiv wird. Die Partei Bündnis 90/die Grünen schlug im März 2012 zehn Euro vor, der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) forderte in seinem Gutachten sogar 30 bis 100 Euro für Mobiltelefone und Laptops. (Die Zeit 2012) Als Vorbild für ein Pfandsystem für Elektrogeräte nennt der SRU in seinem Umweltgutachten 2012 das Pfandsystem für Autobatterien, das eine Verwertungsquote von nahezu 100% erreicht hat (UBA 2011). Gemäß § 8 BattG (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren, Batteriegesezt) sind die Hersteller von Fahrzeugbatterien dazu verpflichtet, Vertreibern und Behandlungseinrichtungen eine zumutbare und kostenfreie Möglichkeit der Rückgabe anzubieten und die zurückgenommenen Altbatterien entsprechend § 14 BattG zu verwerten, wobei die Vertreiber nach § 9 BattG von diesem Angebot nicht verpflichtend Gebrauch machen müssen. Die Vertreiber von Fahrzeugbatterien sind gemäß § 10 BattG gesetzlich verpflichtet, ein Pfand in Höhe von 7,50 EUR inklusive USt pro Fahrzeugbatterie zu erheben, wenn der

Endnutzer beim Kauf einer neuen Batterie keine Altbatterie zurückgibt.: Beim Kauf eines neuen Mobiltelefons müsste dann ein Pfand bezahlt werden, der bei Rückgabe zurückerstattet wird. Alternativ kann der Pfand auch auf ein neues Gerät übertragen werden, so dass beim Kauf eines Mobiltelefons und gleichzeitiger Rückgabe eines Altgeräts weder Pfand bezahlt noch rückerstattet wird. Verantwortlich für die Abwicklung sollen Mobilfunkanbieter, Computerfachgeschäfte bzw. Elektrogeschäfte sein. (SRU 2012)

Ein Pfand in Höhe von 10-15% des Kaufpreises könnte sich als angemessen erweisen, um sowohl von Seiten der Nachfragenden akzeptiert zu werden als auch ausreichende Anreize zu schaffen, das Handy entsprechend zurückzugeben und den Pfandbetrag zurückzuerhalten. Als ein Ziel bei Einführung des Handypfands könnte festgelegt werden, die Menge der über den Hausmüll entsorgten Handys zu halbieren und sie stattdessen einem Rückgabesystem zuzuführen. Damit würde sich die Menge der gesammelten Handys vervielfachen und nach Chancerel (2010) eine potentielle Rückgewinnung von jährlich zusätzlich fast 200 kg Gold und 88 kg Palladium ermöglicht.

Zur Umsetzung eines Handypfandsystems müsste eine neue Infrastruktur aufgebaut oder eine vorhandene angepasst werden. Schon jetzt ist es in einigen Läden, die Handys verkaufen, möglich, Altgeräte abzugeben, die dann einem Entsorger überlassen werden. Eine Rückgabemöglichkeit an leicht zugänglichen Stellen, wie eben in Läden, müsste zur Regel werden. Wünschenswert wäre zudem, Verwertungs- oder Wiederverwendungswege transparent zu machen und das Exportverbot für Elektroaltgeräte konsequenter durchzusetzen und zu kontrollieren.

Bei den obigen Ausführungen ist zu beachten, dass für eine signifikante Reduktion von Rohstoffverlusten und eine konsequente Kreislaufführung nicht nur Handys, sondern auch andere relevante Ströme von Elektroaltgeräten in verbesserte Erfassung und Verwertung einbezogen werden müssten: beispielsweise Notebooks und Computer, TV-Geräte und Bildschirme, Tablets, E-Books, Digitalkameras, externe Speichermedien, Navigationsgeräte. Alle diese Geräte mit einem wirksamen Pfand zu versehen, würde zu deutlich höheren Anschaffungskosten für Verbraucher und Verbraucherinnen führen, was gerade bei einkommensschwächeren Haushalten zu sozialen Benachteiligungen führen könnte. Dementsprechend ist zu analysieren, ob spezifische Ströme von Geräten für eine Bepfandung auszuwählen sind oder ob bei umfassender Bepfandung Instrumente zur Abfederung der höheren Investitionskosten für einen sozialen Ausgleich mit eingeführt werden sollten und könnten. In jedem Falle ziehen neue Pfandsysteme administrative Kosten nach sich, sodass eine profunde Abschätzung des Kosten-Nutzen-Vergleichs notwendig ist – daraus könnten sich auch wiederum Argumente für die Bepfandung spezifischer Geräteströme ergeben.

Das obige Szenario fokussiert auf Handys, da sie im Hinblick auf verwendete und potentiell für eine Verwertung verfügbare Rohstoffe wie z.B. Gold, Palladium, Kobalt oder Kupfer rohstoffrelevant sind und hier geringe Rücklaufquoten – sowohl global als auch mit Blick auf Deutschland – vorherrschen (UNEP 2013, UBA 2012a, SRU 2012). Während Handy-spezifische Recyclingangaben fehlen, so kann man aus Daten für zwar 2010 ersehen, dass mehr als 90% aller Geräte der IT und Telekommunikationstechnik in Haushalten in Deutschland eingesammelt wurden (194.721 Tonnen in Verkehr gebracht, Rücknahmemenge betrug 180.551 Tonnen, UBA 2013; für Elektroaltgeräte wurde nach Daten von destatis für 2010 sogar eine Verwertungsquote von insgesamt 99,7% erreicht<sup>5</sup>). Allerdings lagerten nach Angaben von BITKOM im Jahre

---

<sup>5</sup> Siehe Tabelle „Aufkommen, Beseitigung und Verwertung von Abfällen im Jahr 2010 in Tsd. T“, verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/daten/abfall-kreislaufwirtschaft/verwertungsquoten-der-hauptabfallstroeme>. Eingesehen am 13. Januar 2014.

2012 jedoch ca. 86 Millionen Alt-Handys (3% mehr als in 2011) in deutschen Haushalten<sup>6</sup> und lagen die Erwartungen bei Verkaufszahlen für Handys und Smartphones bei etwa 45 Millionen in 2012<sup>7</sup>, sodass der Anteil erfasster Handys weit unter den 90% liegen dürfte. Der SRU geht von einer Rücklaufquote von ca. 28% aus (SRU 2012). Mithin erscheint eine Pfand Einführung für Handys relevant.

## 4.2 Szenario Sammelmobile für EAG

In Kapitel 3 wurden verschiedene Rücknahmesysteme im Bereich der Elektroaltgerätesammlung auf nicht monetärer Basis diskutiert. Dabei wurde u.a. deutlich, dass alle betrachteten Systeme mit spezifischen Stärken, aber auch Schwächen verbunden sind. Betrachtet man allerdings die Systeme vor dem Hintergrund der Erschließung von Ressourcenschonungspotenzialen, weist insbesondere die Erfassung von Elektroaltgeräten über eine mobile Sammlung durch Sammelmobile besondere Stärken auf.

Grundidee des Sammelmobils ist die Schaffung einer haushaltsnahen Abgabemöglichkeit, die eine Erfassung der Geräte in einem guten Zustand erlaubt. Die Sammelmobile stehen in der Regel zu regelmäßigen Terminen an unterschiedlichen öffentlichen Plätzen. Dadurch ist es dem Verbraucher möglich, seine Geräte innerhalb kurzer Wegstrecken abzugeben und verspricht dadurch hohe Sammelmengen. Beispielsweise zeigt das Rücknahmesystem in Herford, womit im Wesentlichen Geräte der Sammelgruppe 3 und 5 angenommen werden, eine außerordentlich hohe Verbraucherakzeptanz (Wilts und von Gries 2012). Dabei ist die Sammelmenge natürlich auch abhängig vom Sammelrhythmus, der sich wiederum auf die damit verbundenen Kosten auswirkt.

Neben einer hohen Erfassungsmenge gewinnen Wiederverwendungspotenziale der erfassten Geräte zur Erfüllung der Abfallhierarchie maßgeblich an Bedeutung. Grundvoraussetzung für ein hohes Maß an Wiederverwendung ist eine besonders sorgfältige und zerstörungsfreie Erfassung. Die Erfassung von Elektroaltgeräten mit dem Sammelmobil wird dieser Forderung gerecht. Die Geräte werden vom Personal des Sammelmobils persönlich entgegengenommen und können für den Transport adäquat gelagert werden. Der Gerätezustand bleibt damit ab dem Übergabezeitpunkt erhalten. Darüber hinaus ermöglicht eine persönliche Kommunikation die Erfragung von Informationen zum Gerätezustand, wie etwa das Alter oder das Schema des Fehlerauftretens des Gerätes. Mitunter kann eine Geräteabgabe auch durch einen Neugeräteersatz begründet sein und ist nicht immer auf einen Defekt im Gerät zurückzuführen. Mit diesem Wissen können die Geräte gezielt und hochgradig effizient repariert und für die Wiederverwendung bereitgestellt werden. In der Region Herford wird auf diese Weise eine Wiederverwendungsquote von 5 % erzielt und liegt damit deutlich über dem Bundesdurchschnitt etwa 1 % über alle 10 Kategorien (Wilts und von Gries 2012).

Insgesamt werden mit dem Rücknahmesystem hohe Sammelmengen bei gleichzeitig gutem Gerätezustand und eine damit verbundene Informationsbasis generiert. Neben dem stofflichen Recyclingpotenzial verspricht ein derartiges System vor allem hohe Wiederverwendungsquoten, womit besonders hohe Ressourceneinsparungen einhergehen. Als Grundlage für die Abschätzung von Ressourceneffizienzpotenzialen wird im Folgenden die Ermittlung des kumulierten Rohstoffaufwands für die betreffenden Geräte herangezogen. In der nachfolgenden Tabelle sind die durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung der Sammelgruppen 3 und 5 nach Empa (2009) und die absoluten Mengen bezogen auf eine Tonne Elektroaltgeräte dargestellt.

---

<sup>6</sup> Siehe [http://www.bitkom.org/de/presse/74532\\_74350.aspx](http://www.bitkom.org/de/presse/74532_74350.aspx), eingesehen am 13. Januar 2014.

<sup>7</sup> Siehe <http://dslundmobilfunk.blog.de/2012/02/21/verkauf-smartphones-ueberholt-herkoemmlichen-handyverkauf-12863764/>, eingesehen am 13. Januar 2014.

Tabelle 4: Materialzusammensetzung der Sammelgruppe SG3 und SG5

Material	Geräte der Sammelgruppe 3		Geräte der Sammelgruppe 5	
	[%]	[g/t]	[%]	[g/t]
Eisen	36	360.000	29	290.000
Aluminium	5	50.000	9,3	93.000
Kupfer	4	40.000	17	170.000
Blei	0,29	2.900	0,57	5.700
Cadmium	0,018	180	0,0068	68
Quecksilber	0,00007	0,7	0,000018	0,18
Gold	0,00024	2,4	0,0000061	0,0061
Silber	0,0012	12	0,000007	0,07
Palladium	0,00006	0,6	0,0000024	0,0024
Indium	0,0005	5	0	0
Bromierter Kunststoff	18	180.000	0,75	7.500
Kunststoff	12	120.000	37	370.000
Bleiglas	19	190.000	0	0
Glas	0,3	3.000	0,16	1.600
Andere	5,7	57.000	6,9	69.000
Σ	100	1.000.000	100	1.000.000

Quelle: Eigene Darstellung nach Empa (2009)

Zur Abschätzung der Ressourcenschonungsrelevanz dieser Stoffmengen wurden diese Daten mit Angaben zum kumulierten Rohstoffaufwand verbunden (vgl. Anhang 1). Die Ergebnisse zeigen, dass der gesamte kumulierte Rohstoffaufwand 10- (für SG 3) bzw. 24-mal (für SG 5) so hoch ist wie die eigentliche Gerätemasse. Im Gegensatz zur Neuproduktion ist die Wiederverwendung der Geräte in der Regel mit einem sehr geringen (ggf. Reparaturarbeiten) Ressourceneinsatz verbunden.

In Deutschland beträgt die durchschnittliche Wiederverwendungsquote der Geräte der Sammelgruppe 3 etwa 1,5 % und der Sammelgruppe 5 etwa 1 %<sup>8</sup>. In Herford werden mit dem Rücknahmesystem durch das Sammelmobil Wiederverwendungsquoten von 5 % erzielt (Wilts und von Gries 2012). 2010 wurden in Deutschland 381.178 Tonnen Geräte der Sammelgruppe 3 und 95.318 Tonnen Geräte der Sammelgruppe 5 aus privaten Haushalten gesammelt (UBA 2012b). Demnach hätte ein bundesweiter Einsatz von Sammelmobilen mit entsprechend erhöhten Wiederverwendungsraten eine Gerätemasse von zusätzlich 13.341 Tonnen aus Geräten der Sammelgruppe 3 und 3813 Tonnen aus Geräten der Sammelgruppe 5 im Jahr 2010 einsparen können (insofern die wiederverwendeten Geräte Neugeräte ersetzen). Verknüpft man diesen Wert mit dem kumulierten Rohstoffaufwand, so ergibt sich ein jährliches Rohstoffeinsparpotenzial

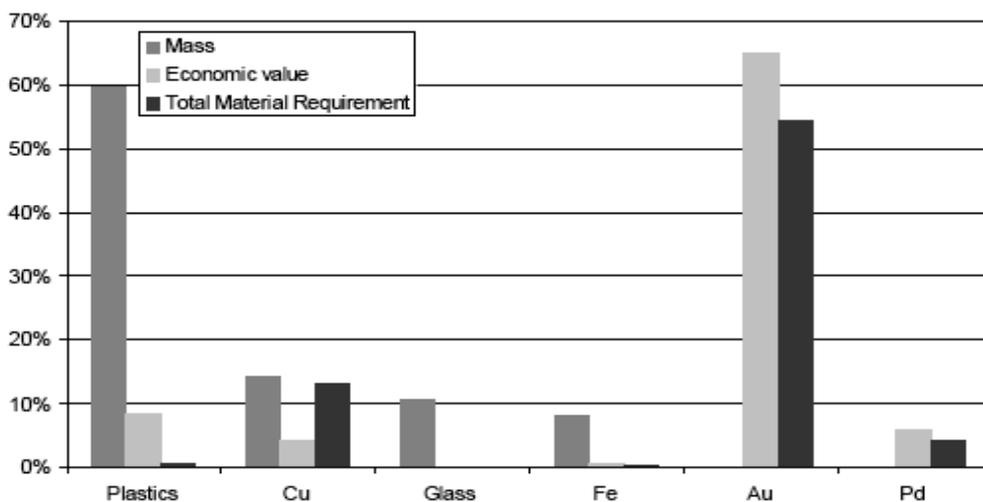
<sup>8</sup> Eigene Berechnungen auf Basis der Daten 2010 zur Erfassung, Wiederverwendung und Behandlung (UBA 2012b)

von 232.193 t (Sammelgruppe 3: 137.935 t, Sammelgruppe 5:94.258 t). Alleine die Steigerung der Wiederverwendungsquote, ungeachtet der erhöhten Sammelmengen, würde demnach bereits mit einer erheblichen Einsparung an Ressourcen einhergehen und belegt den Mehrwert des Rücknahmesystems im Kontext der Erschließung von Ressourceneffizienzpotenzialen<sup>9</sup>.

## 5. Ausblick:

Aus den vorangegangenen Ausführungen zu Rücknahmesystemen lässt sich die Notwendigkeit ableiten, neben quantitativen Zielvorgaben zur Sammelmenge und Verwertung auch Rahmenbedingungen zu setzen, die ein Downcycling der in den Geräten verbauten umweltrelevanten Rohstoffe verhindern. Das betrifft insbesondere die Rückgewinnung ressourcenintensiver (und in ihrer Versorgungssituation häufig als kritisch klassifizierte) Rohstoffe wie Gold, Palladium oder Indium. Obwohl diese nur in äußerst geringen Mengen eingesetzt werden, benötigt ihre Gewinnung und Verarbeitung enorme Mengen an Energie und anderen Ressourcen. Wie die nachfolgende Abbildung verdeutlicht, entfällt auf Palladium nur ca. 0,005% des Gewichts eines Mobiltelefons, aber 5% des gesamten „Totalen Materiaverbrauchs“ (TMR).

Abbildung 1: Massen-, Wert- und TMR-Anteile in Handys



Quelle: Chancerel/Rotter 2009

Ein besonderer Fokus sollte dabei auf der Demontage und Verwertung von Leiterplatten liegen, auf denen ein Großteil dieser Rohstoffe konzentriert ist. Die Sammlung sollte so konzipiert werden, dass in ökonomisch vertretbaren Zeiträumen eine manuelle Demontage auch von Leiterplatten unterhalb der Qualitätsstufe 1 ermöglicht wird. Auch bei der Verwertung muss sichergestellt werden, dass diese entsprechend hochwertigen Verwertungseinrichtungen zugeführt werden. Ein möglicher Ansatz wäre dabei

<sup>9</sup> Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ältere Geräte natürlich über niedrigere Energieeffizienzklassen verfügen und damit in ihrer Nutzungsphase höhere Ressourcenverbräuche bedingen können. Auch Ressourceneinsparungen über das Recycling bleiben in dieser Grobabschätzung unberücksichtigt.

die obligatorische Zertifizierung sämtlicher Behandlungsanlagen<sup>10</sup>, wobei dadurch jedoch nicht ein technischer Status Quo zementiert werden sollte.

Die Betrachtung der Sammlung von Elektroaltgeräten aus einer Urban Mining Perspektive, also Abfall als mögliche Quelle von Sekundärrohstoffen, erfordert neben der Betrachtung einzelner Abfallströme und Stoffflüsse eine intensivere dynamische Analyse der bestehenden Lager. Um beurteilen zu können, ob Elektroaltgeräte tatsächlich einen relevanten Anteil des Bedarfs einzelner Rohstoffe abdecken könnten, müssen Abschätzungen zur Entwicklung des Abfallaufkommens im Zeitverlauf entwickelt werden. Hierauf sind die bestehenden abfallwirtschaftlichen Statistiken und Datenerfassungssysteme nur unzureichend ausgerichtet. Zwar wird die Menge der auf den Markt gebrachten Geräte erfasst, für eine Modellierung des Abfallaufkommens sind dann aber Annahmen zur technischen Lebensdauer der Produkte, der tatsächlichen Nutzungsdauer sowie zur Verweildauer im Haushalt notwendig. Vor allem bei der Verweildauer bestehen erhebliche Unsicherheiten, weil besonders Kleingeräte nach ihrer Nutzung noch für lange Zeiträume in Schubladen oder Kellern gelagert werden. Für die Planung von Rücknahme- und Verwertungssystemen werden daher zusätzliche Daten nicht nur über durchschnittliche Nutzungsdauern, sondern auch über die Verteilung im Zeitablauf benötigt werden.

Entsprechende Daten sind auch notwendig, um ggf. die Einführung eines Pfandsystems (z.B. ein Handypfand) für spezifische Geräteströme auszuwählen und gestalten zu können – damit bei bestmöglichem Verwertungseffekt die geringstmöglichen administrativen Kosten und sozialen Auswirkungen sichergestellt werden können.

---

<sup>10</sup> Vgl. Hagelüken (2013): Anforderungen zur Verbesserung von Altgeräteerfassung und Recycling. Dialogforum Kreislaufwirtschaft, 23.4.2013, Berlin. S. 14

## 6. Quellenverzeichnis

BITKOM. 83 Millionen Alt-Handys. 30. Dezember 2011. [http://www.bitkom.org/70845\\_70811.aspx](http://www.bitkom.org/70845_70811.aspx) (letzter Zugriff: 28.07.2012).

BMU (2012): Elektro- und Elektronikaltgeräte. URL: <http://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/elektro-und-elektronik-altgeraete/> (letzter Zugriff: 30.05.2013)

Bolland, Til; Chancerel, Perrine; Rotter, Vera Susanne (2010). Stand der Erstbehandlung für Elektro- und Elektronikaltgeräte in Deutschland und Auswirkung auf die Rückgewinnung von Edelmetallen. In: Karl J. Thomé-Kozmiensky und Daniel Goldmann (Hrsg.): Fachtagung, Band 3: Recycling und Rohstoffe. Neuruppin: TK Verlag, 625-639.

Bünemann, A., Rachut, G., Christiani, J., Langen, M., Wolters, J. (2011). Planspiel zur Fortentwicklung der Verpackungsverordnung TV 1 - Teilvorhaben 1: Bestimmung der Idealzusammensetzung der Wertstofftonne. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ 3710 93 313 1.

Chancerel, Perrine (2010). Substance flow analysis of the recycling of small waste electrical and electronic equipment. Dissertation. Technische Universität. Berlin, Deutschland. URL: [http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2010/2590/pdf/chancerel\\_perrine.pdf](http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2010/2590/pdf/chancerel_perrine.pdf) (letzter Zugriff: 13.06.2013)

Chancerel, P.; Rotter, V.S. Recycling-oriented characterization of small waste electric and electronic equipment. Waste Management 29 (8), 2009: 2336-2352

Chemie. de (2013a). Cadmium. URL: [http://www.chemie.de/lexikon/Cadmium.html#Gewinnung\\_und\\_Darstellung](http://www.chemie.de/lexikon/Cadmium.html#Gewinnung_und_Darstellung) (letzter Zugriff: 10.06.2013)

Chemie.de (2013b). Bleiglas. URL: <http://www.chemie.de/lexikon/Bleiglas.html> (letzter Zugriff: 10.06.2013)

Deutsche Telekom (2013). Mit alten Handys Gutes tun. URL: <http://www.t-mobile.de/handy-ruecknahme/0,22762,24795-,00.html> (letzter Zugriff: 31.05.2013)

Die Zeit (2012). Sachverständigenrat fordert 100 Euro Handy-Pfand. URL: <http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article106600963/Sachverstaendigenrat-fordert-100-Euro-Handy-Pfand.html> (letzter Zugriff: 27.05.2013)

El-Kretsen (2012). Our Operations 2012. URL: [http://www.el-kretsen.se/sitespecific/elkretsen/files/arsrapport/arsrapport\\_2012\\_eng.pdf](http://www.el-kretsen.se/sitespecific/elkretsen/files/arsrapport/arsrapport_2012_eng.pdf) (letzter Zugriff am 12.12.2013)

El-Kretsen (2008). Sweden - world leader in WEEE collection and treatment. [http://www.el-kretsen.se/sitespecific/elkretsen/files/pdf/elretur\\_foldern\\_engelsk.pdf](http://www.el-kretsen.se/sitespecific/elkretsen/files/pdf/elretur_foldern_engelsk.pdf) (Zugriff am 12.12.2013).

EMPA (2009). Material Composition. URL: <http://www.ewasteguide.info/node/4074> (letzter Zugriff: 10.06.2013)

- Eurostat (2012). Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). URL: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/key\\_waste\\_streams/waste\\_electrical\\_electronic\\_equipment\\_weee](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/key_waste_streams/waste_electrical_electronic_equipment_weee) (letzter Zugriff: 12.12.2013)
- Giegrich J., Liebich A., Lauwigi C., Reinhardt J. (2012). Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. ifeu im Auftrag Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Hagelüken, Christian. Rohstoffsicherung durch Recycling - Chancen, Herausforderungen & Grenzen. 30. November 2011. [http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DREP\\_2011\\_Hagelueken.pdf?\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DREP_2011_Hagelueken.pdf?_blob=publicationFile&v=3) (letzter Zugriff: 19.10.2012).
- Kiani-Kreß, Rüdiger (2009). Illegaler Elektroschrott-Export gefährdet deutsche Firmen, in WirtschaftsWoche. URL: <http://www.wiwo.de/unternehmen/metalle-illegaler-elektroschrott-export-gefaehrdet-deutsche-firmen/5596098.html> (letzter Zugriff: 29.05.2013)
- Knappe, F., Dehoust, G., Petschow, U. und Jakubowski, G. (2012). Steigerung von Akzeptanz und Einsatz mineralischer Sekundärrohstoffe unter Berücksichtigung schutzgutbezogener und anwendungsbezogener Anforderungen, des potenziellen, volkswirtschaftlichen Nutzens sowie branchenbezogener, ökonomischer Anreizinstrumente. UBA-Texte 28/2012. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4305.pdf>
- NABU (2011). Edler Schrott – Wenn das Handy zur Rohstoffquelle wird. URL: <http://www.nabu.de/nabu/nh/2011/3/13979.html> (letzter Zugriff: 21.05.2013)
- Öko-Institut (2012). Recycling kritischer Rohstoffe aus Elektronik-Altgeräten. LANUV-Fachbericht 38. Studie für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. URL: <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe38/fabe38start.htm> (letzter Zugriff: 21.05.2013)
- Patalong, Frank (2010). Recycling: Wie man Althandys zu Geld macht, <C:\Users\Dokumente und Einstellungen\All Users\Dokumente\Downloads\in Spiegel-Online>. URL: <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/recycling-wie-man-althandys-zu-geld-macht-a-690548.html> (letzter Zugriff: 22.05.2013)
- Sander, K.; Schilling, S. (2010). Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten/Elektroschrott; Ökopool GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ.: 3708 93 300, Hamburg.
- SRU (2012). Umweltgutachten 2012 – Verantwortung in einer begrenzten Welt. URL: [http://www.umweltrat.de/DE/Publikationen/Umweltgutachten/umweltgutachten\\_node.html;jsessionid=6295BCC6BC6713F690D5740049EFD011.1\\_cid325](http://www.umweltrat.de/DE/Publikationen/Umweltgutachten/umweltgutachten_node.html;jsessionid=6295BCC6BC6713F690D5740049EFD011.1_cid325) (letzter Zugriff: 24.05.2013)
- UBA (2013). Analyse der Datenerhebung nach ElektroG über die Berichtsjahre 2009 und 2010 zur Vorbereitung der EU-Berichtspflicht 2012. Erstellt durch INFA-ISFM e.V. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4461.pdf> (letzter Zugriff: 13.01.2014)
- UBA (2012a). Ermittlung des Beitrages der Abfallwirtschaft zur Steigerung der Ressourcenproduktivität sowie des Anteils des Recyclings an der Wertschöpfung unter Darstellung der Verwertungs- und Beseitigungspfade des ressourcenrelevanten Abfallaufkommens. Erstellt durch INTECUS GmbH. URL:

<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4275.pdf> (letzter Zugriff: 13.01.2014)

UBA (2012b). Elektro- und Elektronik-Altgeräte. URL: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do;jsessionid=9FBA0C232F9FDE4F0EF3558894663D90?nodeId=2312> (letzter Zugriff: 10.06.2013)

UBA (Umweltbundesamt) (2011). Hintergrund: Batterierecycling in Deutschland: Rücknahme- und Verwertungsergebnisse 2009. Dessau-Roßlau: UBA.

UBA (2010). Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektrogeräten/Elektroschrott. URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3769.pdf> (letzter Zugriff: 28.05.2013)

UNEP (2013). Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken, C.

UNEP (2009). RECYCLING – FROM E-WASTE TO RESOURCES, Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. URL: [http://www.unep.org/pdf/pressreleases/E-waste\\_publication\\_screen\\_finalversion-sml.pdf](http://www.unep.org/pdf/pressreleases/E-waste_publication_screen_finalversion-sml.pdf) (letzter Zugriff: 28.05.2013)

Welfens, Jola; Stengel, Oliver; Nordmann, Julia, Seibt, Alexandra (2012). Barrieren des Handyrecyclings. In: Umwelt Magazin. 12/2012, 34-35.

WEEE Forum (2012). El-Kretsen. URL: <http://www.weee-forum.org/weee-members/el-kretsen> (letzter Zugriff: 12.12.2013).

Wilts, Henning, Gries, Nadja von (2012). Lokalisierung und Quantifizierung. Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten, Meilensteinbericht AP 1. <http://www.oekopol.de/archiv/material/RePro%20Meilensteinbericht%201.pdf> (letzter Zugriff: 14.1.2014)

Wilts, Henning (2013). Ressourcenpolitik – AP 2 Politikansätze und -instrumente, Kurzanalyse 5: Ausweitung der Produzentenverantwortung mit Fokus auf Rücknahmeverpflichtungen. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ 3711 93 103.

Wilts, Henning (2013b) RePro Produktzusammensetzung. Expertenworkshop im Projekt Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten: Informierte Politikentscheidungen im Bereich der Entsorgung von Elektroaltgeräten angesichts unsicherer bzw. eingeschränkter Datengrundlagen und fehlendem Methodikkonsens. 5. Juni 2013, Berlin.

## Anhang

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Werte für den kumulierten Rohstoffaufwand nach Giegrich et al. 2012 (falls nicht anders vermerkt), auf dessen Grundlage der sammelgruppenspezifische kumulierte Rohstoffaufwand berechnet wurde.

Tabelle 5: Materialspezifischer kumulierter Rohstoffaufwand verknüpft mit Gerätezusammensetzungen der Sammelgruppe SG3 und SG5

Material	KRA	KRA für Geräte der Sammelgruppe 3	KRA für Geräte der Sammelgruppe 5	Anmerkung
	[mg/g]	[kg/t]	[kg/t]	
Eisen	4.126	1485	1197	
Aluminium	10.412	521	968	
Kupfer	128.085	5123	21774	
Blei	9.835	29	56	
Cadmium	13.554	2	1	Abgebildet als Zink, da Cadmiumgewinnung im Wesentlichen als Nebenprodukt der Zinkgewinnung erfolgt (Chemie.de 2013a)
Quecksilber	39.734	0	0	
Gold	740.317.694	1777	5	
Silber	6.834.797	82	0	
Palladium	36.937.268	22	0	Mittelwert für Palladium aus Russland und aus Südafrika
Indium	25.753.922	129	0	
Bromierter Kunststoff	1.686	303	13	Abgebildet als LDPE
Kunststoff	1.686	202	624	Abgebildet als LDPE
Bleiglas	3.106	590	0	Bleiglas enthält mindestens 18 % Bleioxid (Chemie.de 2013b). Berechnung KRA: 82 % Flachglas (1.629) und 18 % Blei (9.835)
Glas	1.629	5	3	1.1.1 Abgeildet als Flachglas
Andere	1.188	68	82	1.1.2 KRA nach Wilts 2013
Σ		10.339	24.722	

Quelle: Eigene Darstellung nach Giegrich et al. 2012 (falls nicht anders vermerkt)