

PolRess AP2 – Instrumentenanalysen

Kurzanalyse

Herstellerverantwortung und Informationspflichten über die Lieferkette

Henning Wilts

Nadja von Gries

Wuppertal Institut



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

PolRess – Ressourcenpolitik

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



**Umwelt
Bundesamt**

Fachbegleitung UBA

Judit Kanthak
Umweltbundesamt
E-Mail: judit.kanthak@uba.de
Tel.: 0340 – 2103 – 2072

Ansprechpartner Projektteam

Dr. Klaus Jacob
Freie Universität Berlin
E-Mail: 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: Wilts, H./ v. Gries, N. (2014): Herstellerverantwortung und Informationspflichten über die Lieferkette. Kurzanalyse AP 2 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess).

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problembeschreibung	1
3	Informationsdefizite.....	3
4	Bestehende rechtliche, unternehmerische und zivilgesellschaftliche Ansätze	6
4.1	Bestehende rechtliche Ansätze	6
4.2	Bestehende unternehmerische Ansätze	7
4.3	Bestehende zivilgesellschaftliche Ansätze.....	10
4.4	Schlussfolgerungen	11
5	Beschreibung des Instruments	11
	Quellenverzeichnis	14
	Anhang.....	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zertifizierter Rohstofflieferanten an Apple	7
Tabelle 2: Materialspezifischer kumulierter Rohstoffaufwand verknüpft mit Gerätezusammensetzungen der Sammelgruppe SG3 und SG5	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchschnittliche sektorspezifische Rückgewinnungsraten für Edelmetalle	2
Abbildung 2: Regionale Disparität von Umweltbelastungen: PGM-Produktion für den europäischen Markt	5
Abbildung 3: Materialeinsatz für ein 13 Zoll Macbook	8
Abbildung 4: Lieferkette und Informationsdefizite im Projekt FairMouse	10
Abbildung 5: Produktspezifische Gehalte von Edelmetallen	18

1 Einleitung

Ziel dieser PolRess-Kurzanalyse ist eine Analyse, auf welche Weise Informationen über die Herkunft und Nutzung von Rohstoffen entlang der Lieferkette generiert und weitergegeben werden können. Vorgeschlagen wird dabei die Entwicklung eines „Ressourcen-Passes“ für Elektronikgeräte als Instrument zur Optimierung von Informationsflüssen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Informationsdefizite bezüglich Herkunft, Verwendung und Verbleib insbesondere umweltrelevanter Edelmetalle wurden wiederholt als entscheidendes Hemmnis zur Realisierung von Ressourceneffizienzpotenzialen durch die Schließung von Stoffkreisläufen beschrieben. Der innovative Charakter des Instruments liegt in der Verknüpfung von bestehenden Initiativen zur Transparenz in vorgelagerten Zulieferketten mit Ansätzen von ReUse oder hochwertigem Recycling von Altgeräten. Abschließend werden mögliche Effekte eines solchen „Ressourcen-Passes“ auf Basis der erweiterten Herstellerverantwortung sowie konkrete Handlungsempfehlungen diskutiert.

2 Problembeschreibung

Das Instrument der erweiterten - physischen und finanziellen - Herstellerverantwortung für die Nachnutzungsphase von Produkten gilt als einer der zentralen Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Ziel ist es u.a. Produktdesign, Produktion und Entsorgung/Verwertung stärker aufeinander abzustimmen, in dem für den Hersteller Anreize gesetzt werden, Kosten der Entsorgung oder des Recyclings bereits beim Produktdesign und seiner stofflichen Zusammensetzung sowie beim Herstellungsprozess zu berücksichtigen (vgl. Sander et al. 2007; Tojo et al. 2006). In Deutschland ist die erweiterte Herstellerverantwortung (extended producer responsibility = EPR) u.a. für Altfahrzeuge, Altöl, Batterien, Verpackungen und Elektroaltgeräte eingeführt worden.

Die mit diesem Ansatz verbundenen Erwartungen, im Hinblick auf ein ressourceneffizientes Design sowie die Schließung von Stoffkreisläufen, sind bisher vor allem im Bereich der Elektroaltgeräte weitgehend enttäuscht worden. Das betrifft (neben den noch steigerungsfähigen Sammelmengen) insbesondere den effizienten Einsatz und die Rückgewinnung ressourcenrelevanter Metalle wie Gold, Silber oder Palladium. Diese Metalle werden zwar nur in geringen Mengen eingesetzt, verursachen durch die sehr aufwändigen Extraktions- und Verarbeitungsprozesse aber einen relevanten Teil der mit den Produkten verbundenen ökologischen Rucksäcke (vgl. Chancerel 2010). Diese Gesamtressourcenbedarfe einzelner Rohstoffe unterscheiden sich je nach Herkunft der Primärrohstoffe – hier bestehen teilweise deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Herkunftsländern oder sogar einzelnen Minen. Gleichzeitig sind erhebliche Differenzen des Gesamtressourcenbedarfs zwischen Primär- und Sekundärrohstoffen zu beobachten – praktische alle ressourcenintensiven Rohstoffe wie Gold oder Palladium sind aus Recyclingprozessen mit deutlich niedrigeren Ressourceninanspruchnahmen verbunden.

Trotzdem verblieben im Jahr 2007 in Deutschland etwa 72 % des enthaltenen Golds und Palladiums in Elektro- und Elektronikaltgeräten als Sekundärrohstoffe ungenutzt (z.B. wegen geringer Erfassungsraten, ungeeigneter Behandlungsverfahren etc.) (Chancerel 2010). Das entspricht etwa 1,4 bis 1,7 Tonnen Gold und 410 bis 540 kg Palladium (ebd.). Der ökonomische Wert dieser Verluste entspricht 34 bis 44 Millionen US Dollar in 2007 (ebd.). Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht, dass auch die weltweiten Rückgewinnungsraten für Edelmetalle insbesondere für Elektronikprodukte noch weit hinter den z.B. für industrielle Anwendungen erreichten Quoten zurückbleiben.

Abbildung 1: Durchschnittliche sektorspezifische Rückgewinnungsraten für Edelmetalle

	EOL-Recyclingraten		Sektorspezifische EOL-Recyclingraten	
		1)	Elektronik 2)	Industrielle Anwendungen 3)
Ru		5-15	0-5	40-50
Rh		50-60	5-10	80-90
Pd		60-70	5-10	80-90
Ag		30-50	10-15	40-60
Os		keine relevanten Endverbrauchssektoren		
Ir		20-30	0	40-50
Pt		60-70	0-5	80-90
Au		15-20	10-15	70-90

Relevanz des Endverbrauchssektors nach Metallen	
	>50 % sehr hoch
	>25-50 % hoch
	>10-25 % mittel
	10 % gering
	Null (leer)

Quelle: Eigene Darstellung nach UNEP 2013

Als ein wesentliches Hemmnis für diese niedrigen Rückgewinnungsraten gilt¹ die Intransparenz der vor- und nachgelagerten Ketten insbesondere mit Blick auf die tatsächlich eingesetzten Metallmengen. Die Erschließung von Ressourceneffizienzpotenzialen durch die optimierte Kreislaufführung umweltrelevanter Rohstoffe wie Gold, Silber oder Palladium wird dadurch verhindert: „Produktvielfalt und ausgedehnte Sortimente dominieren den Markt. Dies bringt für die Abfall- und Recyclingwirtschaft erhebliche Herausforderungen mit sich. Komplexe Materialverbunde, hybride Bauteilstrukturen mit einer Vielzahl an verschiedenen Werkstoffen dominieren das Produktdesign und charakterisieren die mechanischen und optischen Eigenschaften. Der Recyclingprozess wird dadurch allerdings deutlich erschwert. (...) Derzeit ist kaum ersichtlich, in welchen Produkten welche Wertstoffe in welchen Mengen und welchen Konzentrationen und Verbunden verarbeitet werden. Folglich gestaltet sich die Identifikation und Separierung rohstoffintensiver Stoffströme derzeit äußerst schwierig.“²

Ein vom UNEP International Resource Panel veröffentlichter Report zu Chancen und Grenzen des Recyclings von Metallen beschreibt die grundsätzlichen mit der Komplexität von Produkten verbundenen Herausforderungen für das Design von Recyclingsystemen: „Recycling started long ago, when people realized that it was more resource- and cost-efficient than just throwing away the resources and starting all

¹ Neben Aspekten wie gewichtsbasierten Sammel- und Recyclingquoten, die zu einer Fokussierung auf die Massenmetalle führen und ressourcenintensiven Rohstoffe nicht berücksichtigen sowie dem nicht recycling- oder demontagegerechte Design von Elektronikprodukten, vgl. Wilts 2013.

² Faulstich et al. 2010, S. 37

over again. Until recently, such relatively straightforward recycling concentrated on specific materials, including metals, as most products were relatively simple; this form of recycling follows the so-called Material (& Metal)-Centric (MMC) approach. However, thanks to the increasingly sustainability enabling technological advancement of the 21st Centuries, products have become increasingly complex, mixing almost any imaginable metal or other material. Recycling these products became increasingly difficult as trying to recover one material would often destroy or scatter another, and it became clear that we needed a Product-Centric approach.³

Ein wesentlicher Bestandteil eines solchen produkt-zentrierten Ansatzes ist der Zugang zu Informationen über Produktinhaltsstoffe. Allerdings ist dabei die Realität noch weit von den beschriebenen Ansätzen entfernt, was insbesondere auf die generelle Verfügbarkeit dieser Daten zurückzuführen ist. Weder mit Blick auf die eingesetzten Mengen, ihre Rückgewinnbarkeit noch auf die Herkunft dieser Rohstoffe sind aktuell ausreichende Informationen verfügbar. Alle drei Aspekte bergen jedoch erhebliche Ressourceneffizienzpotenziale, die im Folgenden systematischer beleuchtet werden sollen.

3 Informationsdefizite

Mit Blick auf Elektronikgeräte lassen sich verschiedene Informationsdefizite unterscheiden, die als Hemmnis für die Steigerung der Ressourceneffizienz angesehen werden können. Im Folgenden sollen Informationsdefizite hinsichtlich der eingesetzten Materialmengen, ihrer Herkunft sowie der Demontage und Reparatur betrachtet werden.

Eingesetzte Mengen

Die Bestimmung der in Elektro- und Elektronikgeräten enthaltenen Mengen einzelner Metalle erweist sich aus mehreren Gründen als besondere Herausforderung: Der Elektroniksektor weist kurze Innovationszyklen auf, sodass innerhalb sehr kurzer Zeiträume neue Produktvarianten oder sogar gänzliche neue Produkte auf den Markt kommen, wodurch nur für einen sehr geringen Anteil der auf dem Markt befindlichen Produkte aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen vorliegen⁴. Hinzu kommt, dass selbst die Hersteller durch die modularen, netzwerkartig aufgebauten Produktionsprozesse mit sehr komplexen, vielstufigen und verzweigten Zulieferketten oft über keine vollständigen Informationen über die stoffliche Zusammensetzung ihrer Produkte verfügen⁵.

In der Regel verpflichten die Markenhersteller ihre Zulieferer auf definierte Funktionalitäten der Bauteile sowie die Einhaltung von Regelungen zu Schadstoffen (z. B. RoHS). Anforderungen an und Kenntnisse über die exakten Metallgehalte einzelner Komponenten und deren Bezugsquellen werden dabei nur in Ausnahmefällen formuliert bzw. weitergegeben (z. B. bei besonderem öffentlichem Interesse wie bei Coltan aus Kriegsgebieten, vgl. Apple 2012). Durch die modulare Bauweise ändern sich auch die Inhaltsstoffe der Komponenten teilweise sehr schnell, je nach Preisniveau und Marktsituation werden

³ UNEP 2013, S. 23

⁴ Vgl. Wilts/ von Gries 2013

⁵ Lauridsen/ Jorgensen (2010, S. 487) beschreiben sehr eindrücklich die Komplexität der verschiedenen Vorliefererketten in der Elektronik-Branche: „Electronics manufacturing can be described as network-based mass production, where large-scale manufacturing complexes are combined with specialized companies focusing on product development and marketing. (...) Most products are manufactured through complex chains of suppliers delivering specific components – e.g. computer chips, hard disks, optical devices, flat screens, or sound equipment – which form large industries of their own.“

Stoffe gegeneinander ausgetauscht oder in unterschiedlichen Zusammensetzungen verwendet, z. B. wird Palladium in Keramikvielschichtkondensatoren (MLCCs) zunehmend häufiger durch das billigere Nickel ersetzt (vgl. JM 2012, S. 41).

Im Rahmen des Projekts RePro wurden Angaben zu Metallgehalten für 30 Elektrokleingeräte recherchiert. Die Ergebnisse verdeutlichten, dass selbst dort, wo entsprechende Angaben recherchiert werden konnten, extreme Unterschiede zwischen den verschiedenen Quellen festzustellen waren. Beispielsweise differieren die gefundenen Silbergehalte in Handys zwischen 127 und 715 Milligramm; für Camcorder mit Werten zwischen 34,4 und 531 Milligramm sogar mehr als um das 15-fache⁶. Diese Unterschiede der Messwerte basieren einerseits auf Abweichungen zwischen den verschiedenen Produkten, einerseits auch auf den eingesetzten Untersuchungs-Methoden, die zu erheblichen Schwierigkeiten führen, Ergebnisse zu Metallgehalten miteinander konsistent vergleichen zu können.

Herkunft der Rohstoffe

Eine weitere zentrale Unsicherheit bezüglich der in Elektro- und Elektronikgeräten eingesetzten Rohstoffe betrifft die Herkunft der jeweiligen Rohstoffe. Angesichts der beschriebenen Komplexitäten der Lieferketten ist es zurzeit praktisch unmöglich anzugeben, aus welcher Region bzw. welcher Quelle die einzelnen Rohstoffe stammen. Die verschiedenen Rohstoffquellen unterscheiden sich insbesondere im Hinblick auf die sogenannte ungenutzte Extraktion, die bei der Förderung anfällt und die mengenmäßig insgesamt das etwa zwei- bis dreifache der jährlich genutzten globalen Extraktion ausmacht und damit maßgeblich zu den mit der Ressourceninanspruchnahme verbundenen Umweltbelastungen beiträgt. Gleichzeitig sind insbesondere für Edelmetalle stark ansteigende Mengen ungenutzter Extraktion zu beobachten, da zunehmend auch weniger ergiebige Vorkommen erschlossen werden⁷.

Die Relevanz der Herkunft lässt sich beispielhaft an den Platingruppenmetallen (PGM) verdeutlichen. Insbesondere Palladium wird im Elektronik-Bereich in Vielschichtkondensatoren (MLCC = Multi Layer Ceramic Capacitor) verwendet, die in großer Stückzahl als Entkopplungselemente in Halbleiterbauelementen eingesetzt werden. MLCCs sind praktisch auf allen Leiterplatten in unterschiedlich großer Anzahl zu finden: je komplexer das elektronische Gerät, desto höher die Zahl der benötigten MLCCs. Sie dienen der Speicherung von elektrischer Ladung und werden u. a. zur Aufrechterhaltung eines gleichmäßigen Stromes in integrierten Schaltkreisen verwendet.

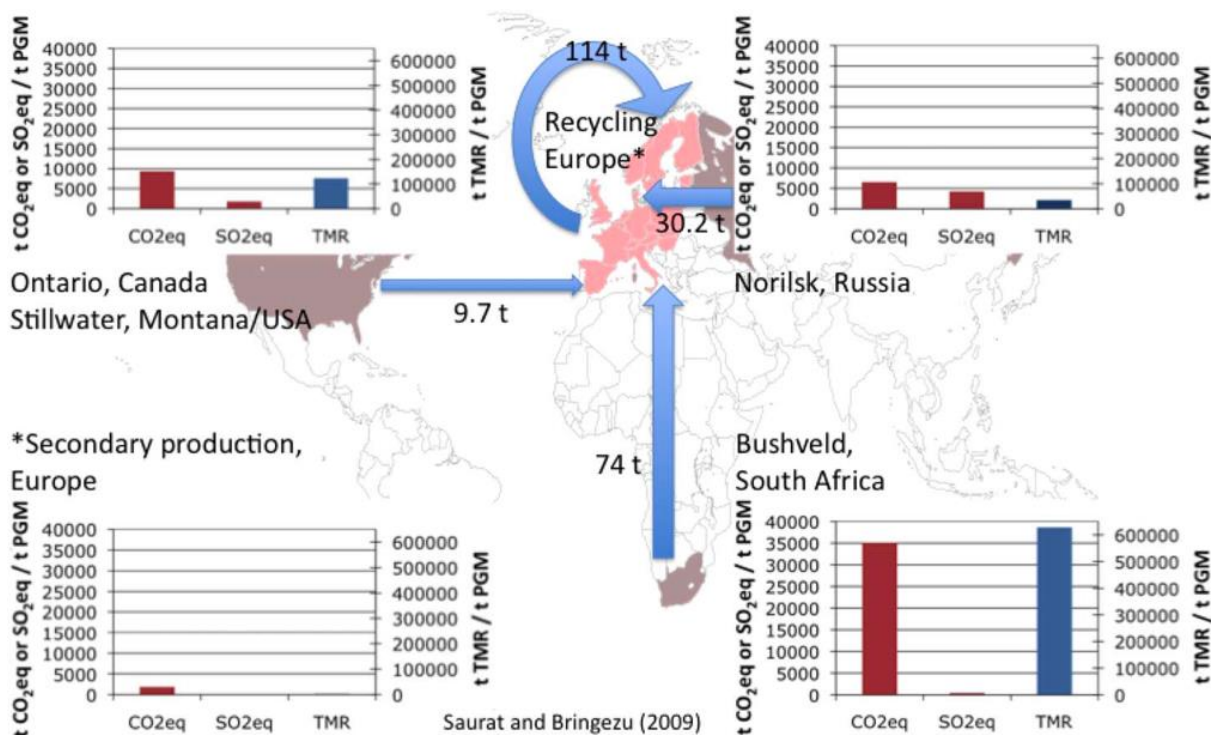
PGM werden hauptsächlich aus vier verschiedenen Quellen bezogen: Russland, Südafrika, Kanada und aus Recyclingprozessen in Europa. Der durchschnittliche Gesamtmaterialverbrauch (TMR) liegt bei 388.600 Tonnen pro Kilogramm produzierter PGM. Für Südafrika liegt der TMR bei 628.300 Tonnen pro Tonne extrahierter PGM, von denen 86 % Edelmetall-Abfälle aus dem Bergbau sind. Da die Südafrikanische PGM-Produktion von günstigem Strom profitiert, ist sie größtenteils elektrifiziert (z.B. werden elektrische Öfen verwendet). Gleichzeitig werden 92 % des in Südafrika generierten Stroms in eher ineffizienten Kohlekraftwerken generiert, was zu einer vergleichsweise hohen Emission von CO_{2eq} führt. Die Russische Produktion funktioniert im Hinblick auf CO_{2eq}-Emissionen und TMR_{eq} besser. Norilsk Nickel (Russland) schneidet jedoch bei der Betrachtung von SO_{2eq}-Emissionen am schlechtesten ab. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Unterschiede in der Ressourceninanspruchnahme für eine Tonne PGM je nach Herkunft.

⁶ Vgl. ebd.

⁷ <http://www.aachener-stiftung.de/fileadmin/content/Factsheet%20Measuring%20Resource%20Extraction.pdf>, S.

Deutlich am besten schneidet dabei das Recycling ab, das in Bezug auf den TMR um mehr als einen Faktor 70 unter dem Durchschnitt liegt (vgl. Saurat/ Bringezu 2009).

Abbildung 2: Regionale Disparität von Umweltbelastungen: PGM-Produktion für den europäischen Markt



Quelle: Saurat/ Bringezu 2009

Demontage und Reparatur

Möglichkeiten der Demontage einzelner Komponenten sowie ihrer Reparatur sind ebenfalls entscheidende Faktoren für die effiziente Inanspruchnahme von Ressourcen in Elektronikprodukten. Mit Blick auf die Rückgewinnung von Edelmetallen ist mit entscheidend, mit welchem Aufwand die interessanten Komponenten wie z.B. Leiterplatten demontiert werden können. Insbesondere die Wahl der Vorbehandlungsverfahren hat dabei einen signifikanten Einfluss auf die Recycling-Ergebnisse: Während mit einer mechanischen Vorbehandlung nur 24 % des Golds zurückgewonnen werden kann, können mit einer manuellen Demontage Rückgewinnungsraten von 90 % erzielt werden (Chancerel 2010). Aus Ressourcenperspektive noch relevanter ist die Möglichkeit der Reparatur oder Wiederverwendung von Elektronikprodukten: „Reuse sits higher up the hierarchy than recycling because the latter can demand high amounts of energy and other inputs (for transport, disassembly, destruction and other processing) to recover the desired product fractions.“⁸

Insbesondere mit Blick auf die eingesetzten Edelmetalle trägt die Verlängerung der Nutzungsdauer zur Steigerung der Ressourceneffizienz bei, da diese Rohstoffe in der Regel auch im hochwertigen Recycling

⁸ Computer Aid 2010, p. 3f.

nicht zu 100% zurückgewonnen, sondern dissipativ verteilt werden. Beim sogenannten “non-destructive recycling”, also der Wieder- und Weiterverwendung ganzer Komponenten werden sämtliche in deren Produktion eingesetzten Ressourcen eingespart. Verschiedene Studien zeigen, dass die Wiederverwendung dadurch allein mit Blick auf die eingesetzte Energie bis zu 20-mal effizienter ist als das Recycling⁹.

4 Bestehende rechtliche, unternehmerische und zivilgesellschaftliche Ansätze

4.1 Bestehende rechtliche Ansätze

Voraussetzung für hohe Recyclingquoten und damit verbunden effizienteren Ressourceneinsatz ist ein Produktdesign, das eine solche Demontage, Reparatur und ggf. Nachrüstung auch ermöglicht. Mit den gesetzlichen Regelungen zur Produktverantwortung wird die Grundlage für die Herstellung langlebiger und reparaturfreundlicher Produkte geschaffen. Den Rahmen bildet dazu das Kreislaufwirtschaftsgesetz, in dem nach §23 die Produktverantwortung insbesondere „die Entwicklung, die Herstellung und das Inverkehrbringen von Erzeugnissen, die mehrfach verwendbar, technisch langlebig und nach Gebrauch zur ordnungsgemäßen, schadlosen und hochwertigen Verwertung sowie zur umweltverträglichen Beseitigung geeignet sind.“ Außerdem sollen die Erzeugnisse mit einem „Hinweis auf Rückgabe-, Wiederverwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten oder -pflichten“ versehen werden. Im Elektro- und Elektronikaltgerätegesetz werden diese Vorgaben weiter konkretisiert: „Elektro- und Elektronikgeräte sind möglichst so zu gestalten, dass die Demontage und die Verwertung, insbesondere die Wiederverwendung und die stoffliche Verwertung von Altgeräten, ihren Bauteilen und Werkstoffen, berücksichtigt und erleichtert werden. Die Hersteller sollen die Wiederverwendung nicht durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindern, [...]“ (ElektroG, §4). Darüber hinaus hat nach § 13 „jeder Hersteller [...] den Wiederverwendungseinrichtungen, Behandlungsanlagen und Anlagen zur stofflichen Verwertung Informationen über die Wiederverwendung und Behandlung für jeden in Verkehr gebrachten Typ neuer Elektro- und Elektronikgeräte innerhalb eines Jahres nach dem Inverkehrbringen des jeweiligen Gerätes in Form von Handbüchern oder in elektronischer Form zur Verfügung zu stellen. Aus diesen Informationen muss sich ergeben, welche verschiedenen Bauteile und Werkstoffe die Elektro- und Elektronikgeräte enthalten und an welcher Stelle sich in den Elektro- und Elektronikgeräten gefährliche Stoffe und Zubereitungen befinden. Diese Pflicht besteht nur, soweit dies für die Wiederverwendungseinrichtungen, Behandlungsanlagen und Anlagen zur stofflichen Verwertung erforderlich ist, damit diese den Bestimmungen dieses Gesetzes nachkommen können.“

Insgesamt wird deutlich, dass bereits die bestehenden gesetzlichen Regelungen ausdrücklich die Herstellung reparier- und demontagefreundlicher Produkte vorschreiben und in diesem Sinne zur entsprechenden Informationsweitergabe für eine adäquate Behandlung von Produkten verpflichtet. In der Realität ergibt sich jedoch der Eindruck, dass diese Informationspflichten in der Regel nur mit dem Fokus auf Schadstoffe und nicht auf ressourcenrelevante Metalle umgesetzt werden. In der Folge ist das Wissen über Produktinhaltsstoffe, sowohl in der Abfallwirtschaft als auch bei den Herstellern selbst, durch relevante Informationsdefizite gekennzeichnet. Auch die konkreten Vorgaben zur Demontage bestimmter Bauteile wurden vielmehr vor dem Hintergrund einer sicheren Entsorgung, als der Separierung besonders werthaltiger Bauteile erstellt. Positive Rückwirkungen der Produktverantwortung auf die Konzeption

⁹ Williams/ Sasaki 2003.

reparaturfreundlicher Produkte werden durch die herstellerunspezifischen Berechnung der Entsorgungskosten geschwächt. Insgesamt wird deutlich, dass die rechtlichen Regularien zwar ausdrücklich zur Konzeption langlebiger und reparaturfreundlicher Produkte verpflichten, für dessen Umsetzung der Fokus auf ressourcenrelevante Stoffe aber grundsätzlich fehlt.

4.2 Bestehende unternehmerische Ansätze

Während einerseits die dargestellten Informationsdefizite seit geraumer Zeit immer wieder als Hemmnis zur Steigerung der Ressourceneffizienz bzw. ihre Überwindung zumindest als notwendige Voraussetzung beschrieben werden, haben sich gleichzeitig verschiedene Initiativen entwickelt, die die grundsätzliche Verfügbarkeit dieser Daten belegen. Im Folgenden sollen erste Initiativen dargestellt werden, die sich auf die drei dargestellten Defizite eingesetzte Mengen, Herkunft der Rohstoffe sowie Reparierbarkeit/ Demontage beziehen. Hierbei handelt es sich teilweise noch um Pilotprojekte und keineswegs um umfassende Ansätze, trotzdem verdeutlichen sie die grundsätzliche Verfügbarkeit oder Zugänglichkeit von Daten, die zur Schließung von Stoffkreisläufen beitragen könnten.

Eingesetzte Mengen und Herkunft der Rohstoffe

Apple

Der Elektronikkonzern Apple gilt (neben Akteuren wie HP oder intel) als einer der Vorreiter mit Blick auf die Transparenz seiner Zuliefererketten.¹⁰ Apple fokussiert dabei zum einen auf den Verzicht toxischer Substanzen in seinen Produkten. Zum anderen müssen sich jedoch auch alle Zulieferer verpflichten, für die sogenannten Konflikt-Metalle Gold, Wolfram, Zinn und Tantal die Herkunft zurück bis zur Schmelze darzulegen – rechtlich wäre Apple gemäß dem Doo-Frank-Act Section 1502 dazu nur verpflichtet, wenn in Produkten Rohstoffe aus dem Kongo oder Nachbarländern eingesetzt werden. Insgesamt wurden im Sustainability Report 249 Zulieferer identifiziert, die diese Metalle verwenden und 175 verschiedene Schmelzen, von denen die Metalle bezogen werden. Alle Schmelzen in der Apple-Vorliefererkette müssen nach einem von der EICC/GeSI Initiative entwickelten Prüfverfahren nachweisen, dass sie keine Erze aus Konfliktregionen verarbeiten.¹¹

Tabelle 1: Übersicht zertifizierter Rohstofflieferanten an Apple

	Tantal	Zinn	Wolfram	Gold
Zulieferer, die Metalle in Komponenten für Apple Produkte verwenden	81	249	107	225
Von Apple Zulieferern angegebene Schmelzhütten	17	64	31	99

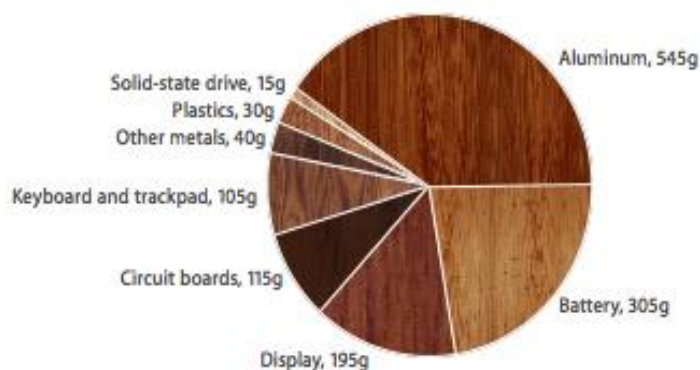
Quelle: Apple 2012

¹⁰ Enough Project 2005

¹¹ Apple 2013a

Gleichzeitig veröffentlicht Apple für alle seine Produkte Angaben zur materiellen Zusammensetzung seiner Produkte, wobei jedoch nur für einzelne Rohstoffe wie Aluminium absolute Angaben gemacht werden. Gleichzeitig gibt es jedoch auch Ansätze, die Ressourcenintensität einzelner Rohstoffe zu berücksichtigen, wenn z.B. für einzelne Komponenten Rezyklatvorgaben gemacht werden¹². In den Apple-eigenen Laboren werden jedoch auch alle von Zulieferern produzierten Komponenten auf ihre materielle Zusammensetzung überprüft: „Damit wir die Umweltstandards unserer Lieferanten überprüfen können, werden unsere Produkte in unserem Labor in Cupertino zerlegt. Diese testen wir mit Methoden wie Röntgenfluoreszenzspektroskopie und Ionenchromatografie. Zusätzlich werden unsere Produkte von unabhängigen Labors untersucht, die unsere Ergebnisse erneut prüfen.“¹³ Auf Basis dieser Untersuchungen werden auch Vorgaben für einzelne Komponenten zu Rezyklatvorgaben etc. kontrolliert.

Abbildung 3: Materialeinsatz für ein 13 Zoll Macbook



Quelle: Apple 2013c

Das Beispiel Apple verdeutlicht, dass insbesondere die großen Hersteller und solche, die von ihren Lieferanten die Anwendung von Qualitätsmanagementsysteme nach ISO 9000ff verlangen - über ausreichend Marktmacht verfügen, die beschriebenen Intransparenzen entlang der Kette zu überwinden: „Fully identifying the number of smelters that Apple uses is a tremendous step and should be applauded, as many companies say this level of tracing it is too difficult to do.“¹⁴ Apple zwingt bisher alle seine Vorlieferer, entsprechende Garantien zu liefern und überprüft diese eigenständig. In gleicher Form könnten grundsätzlich auch Vorgaben gemacht werden, die eingesetzten Mengen ausgewählter Rohstoffe zu erfassen.

Fairphone + Fair Mouse

¹² „So bestehen zum Beispiel die Lüfterbaugruppen des Mac Pro aus modernen Materialien, die aus repolymerisierten Kunststoffflaschen gewonnen werden.“ <http://www.apple.com/de/environment/our-footprint/#manufacturing>

¹³ <http://www.apple.com/de/environment/our-footprint/#manufacturing>

¹⁴ Enough Project 2005

Aber auch Bemühungen zur Verbesserungen der Transparenz von Inhaltsstoffen und Vorlieferketten durch engagierte Konsumenten und NGOs haben in den vergangenen Jahren erhebliche öffentliche Aufmerksamkeit erhalten und damit die Branche unter weiteren Zugzwang gesetzt. Aufbauend auf dem 2010 als Aufklärungs-Projekt über Konfliktrohstoffe in Elektro- und Elektronikgeräten gestartete Fairphone-Projekt¹⁵ wurde 2013 ein Unternehmen gegründet, um ein Smartphone unter fairen Bedingungen zu produzieren. In dem Projekt steht Transparenz der Wertschöpfungskette an erster Stelle. Kinder- und Zwangsarbeit, gefährliche Arbeitsbedingungen und der Einsatz von Konfliktrohstoffen sollen durch die Offenlegung des Herstellungsprozesses vermieden werden. Bei dem Design des Smartphones wurden Aspekte wie eine gute Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit berücksichtigt. Im Bereich Recycling unterstützt Fairphone Wiederverwendungs- und Recyclingprojekte wie etwa Closing the Loop¹⁶ (mit 3 Euro pro Gerät) und auch für die Rücknahme des Fairphones soll zukünftig ein spezielles Rücknahmeprogramm etabliert werden. Wesentliches Ziel des Projektes ist es auf Missstände entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufmerksam zu machen und Produzenten und Verbrauchern zum Umdenken zu bewegen.

Mittlerweile ist die erste Tranche von 25.000 Fairphones ausverkauft und wird Ende 2013 und Anfang 2014 ausgeliefert. Der Verkaufspreis des Geräts beträgt 325 Euro, die reine Produktion des Smartphones kostet 185 Euro. Die genaue Kostenzusammensetzung¹⁷ des Fairphones wird auf der Webseite des Projekts offen und transparent kommuniziert. Das Fairphone wird in China von dem Hersteller A'Hong unter angemessenen Arbeitsbedingungen produziert. Fairphone unterstützt die Initiativen Conflict-Free Tin Initiative und Solution for Hope, um eine konfliktfreie Gewinnung der Materialien Zinn und Tantal sicherzustellen. Für manche Metalle wie etwa Gold ist es aber auch den Fairphone-Machern bisher nicht gelungen, die Rohstoffquellen zu identifizieren und für ein Großteil der zugelieferten Komponenten fehlen Informationen zu Materialzusammensetzungen und Arbeitsbedingungen. Alle bekannten Informationen der Lieferkette sind auf der Webseite des Projekts veröffentlicht.¹⁸

Ein ähnliches Projekt zielt auf die Produktion einer fair hergestellten Computer-Maus ab. Die im Rahmen dieses Projekts entwickelte Abbildung zeigt die extrem komplexen Verstrebungen der gesamten Lieferkette inklusive der verfügbaren (grün markiert) und nicht verfügbaren (rot markiert) Informationen zu Rohstoffinhalten und Arbeitsbedingungen.

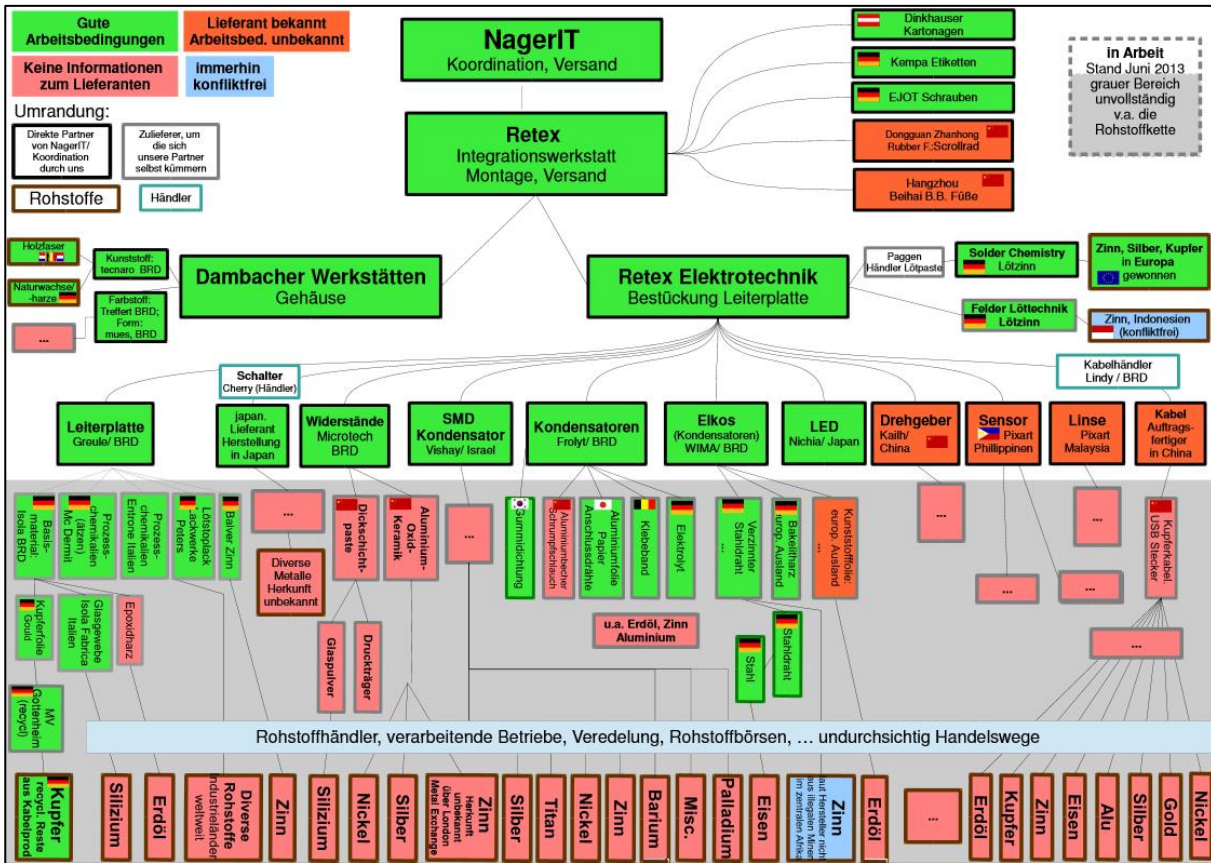
¹⁵ Alle Informationen zu dem Fairphone-Projekt wurden der Webseite entnommen: <http://www.fairphone.com>

¹⁶ <http://closingtheloop.eu/>

¹⁷ http://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2013/09/Fairphone_Cost_Breakdown_and_Key_Sept2013.pdf

¹⁸ http://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2013/04/20130910_List-of-Suppliers.pdf

Abbildung 4: Lieferkette und Informationsdefizite im Projekt FairMouse



Quelle: Nager IT 2012

4.3 Bestehende zivilgesellschaftliche Ansätze

Demontage und Reparatur

Im Bereich Informationen zur Demontage und Reparatur ist festzustellen, dass hier weder von Unternehmensseite noch von öffentlichen Stellen systematisch aufbereitete Informationen angeboten werden. Hier sind die Nutzer weitestgehend auf private Initiativen angewiesen, hier ist beispielsweise die amerikanische Website iFIXIT¹⁹ zu nennen, die mit ihrer Bewertung der Reparierbarkeit von Elektro- und Elektronikgeräten einen wesentlichen Beitrag für mehr Transparenz von Produktkonzeptionen leisten. iFIXIT bietet eine kostenfreie Internet-Plattform mit produktspezifischen Informationen über Komponenten, Produktkonstruktion und Reparaturanleitungen für die Geräte (von eher einfach konstruierten Produkten wie Kaffeemaschinen bis hin zu komplexen Produkten wie Laptops und Mobiltelefonen). Zu diesem Zweck demontiert iFIXIT regelmäßig aktuelle Geräte und bewertet diese anschließend mit Noten von 0 bis 10. Ein mit einer 10 benotetes Produktmodell ist beispielsweise besonders problemlos wieder in Schuss zu bringen, während Geräte mit 1 eine schlechte Reparierbarkeit aufweisen. In den Reparaturanleitungen wird der Austausch von Komponenten Schritt für Schritt erklärt und mit Bildern illustriert. Die Verbraucher selbst können ihr Wissen teilen und Reparaturanleitungen

¹⁹ Alle Informationen zu iFIXIT wurden der Webseite entnommen: <http://www.ifixit.com/>

mitgestalten. Das Unternehmen finanziert sich durch den Online-Vertrieb von Spezialwerkzeug und Ersatzteilen. Seit diesem Jahr gibt es jetzt auch einen europäischen Online-Shop.²⁰

4.4 Schlussfolgerungen

Die Analyse der ausgewählten Initiativen verdeutlicht das sehr heterogene Akteursspektrum und damit verbunden auch sehr unterschiedlichen instrumentellen Ansätzen: Rechtliche Vorgaben, unternehmerische Vorgaben und private Initiativen versuchen weitgehend parallel und unkoordiniert, Informationsflüsse entlang der grenzüberschreitenden Wertschöpfungskette zu verbessern. Angesichts der dynamischen Entwicklungen auf dem Elektronikmarkt, den neu auf dem Markt erscheinenden Produkten sowie Veränderungen der einzelnen Produkte oder der in ihnen enthaltenen Produkte ist jedoch eindeutig, dass es insbesondere kaum möglich sein wird, durch ex-post Analysen von Abfallströmen oder einzelnen Produkten zu einer verlässlichen Datenbasis zum Gehalt umweltrelevanter Rohstoffe in Elektronikprodukten, zu deren Herkunft oder Demontage- und Reparaturhinweisen zu kommen. Die beschriebenen Initiativen verdeutlichen jedoch auch,

- dass einerseits auf Seiten der KonsumentInnen ein zunehmendes Interesse daran besteht, welche Rohstoffe in den alltäglich benutzten Elektronikgeräten enthalten sind, wie diese Geräte aufgebaut sind und welche Möglichkeiten bestehen, die Nutzungsdauer durch Reparatur oder ReUse zu verlängern. Einschränkend muss jedoch auch festgestellt werden, dass für den allergrößten Teil der KonsumentInnen nicht die absoluten Mengen und die konkret damit verbundenen Umweltauswirkungen von Interesse sind. Die Aufmerksamkeit fokussiert sich zur Zeit auf konkrete, in ihrer Versorgung als kritisch eingeschätzte Rohstoffe (z.B. die Diskussion um Seltene Erden in 2012) oder konkrete ökologische oder soziale Probleme bei ihrer Gewinnung (z.B. bei Coltan). Trotzdem gewinnt das Thema Transparenz von Vorlieferketten und Nachnutzungsphase in der öffentlichen Diskussion zunehmend an Bedeutung.
- Andererseits zeigt das Beispiel von Apple und anderen Herstellern wie Hewlett Packard, dass es grundsätzlich möglich ist, auch die Akteure entlang komplexer Vorlieferketten zur Weitergabe von Informationen zu verpflichten. Für die in diesem Bereich engagierten Unternehmen geht es bisher in erster Linie um eine Abgrenzung vom Wettbewerb mit Blick auf für CSR und Nachhaltigkeit sensibilisierte KonsumentInnen. Der überwiegende Teil der Elektronikprodukte-Hersteller sieht bisher noch keinerlei Informationsangebote vor – weder mit Blick auf die Vorkette noch auf Reparatur- und Nachnutzungsphase.

5 Beschreibung des Instruments

Als ein wesentliches Hemmnis für die Verringerung der Ressourceninanspruchnahme bei Produktion und Verwertung von IKT-Produkten ist bisher das Fehlen eines für alle Akteure verbindlichen Rahmens für das Management von Informationsflüssen entlang der Wertschöpfungskette: Welche Akteure sollen in welcher Form welche Informationen an wen entlang der Wertschöpfungskette weitergeben? Die verschiedenen Initiativen gehen wie dargestellt von einzelnen Herstellern aus oder zielen nur auf Einzelaspekte in der Wertschöpfungskette ab. Ein alternativer Ansatz wäre daher, die Hersteller bzw. Verkäufer dieser Produkte als Bestandteil ihrer Herstellerverantwortung dazu zu verpflichten, entsprechende Angaben zu ihren

²⁰ <http://eustore.ifixit.com/>

Produkten in Form eines „Ressourcen-Passes“ bereitzustellen, der sämtliche ressourceneffizienz-relevanten Informationen in systematischer Art und Weise verbindet. Für den Elektronikbereich schließt die Debatte dabei auch an Zertifizierungspflichten für Vorliefererketten an. Im SRU Umweltgutachten 2012 werden Zertifizierungssysteme zur Bescheinigung der Einhaltung von Umweltstandards beim Rohstoffabbau als wichtiges Instrument für mehr Transparenz entlang der Wertschöpfungskette und einer Verbesserung ökologischer und sozialer Bedingungen diskutiert. Der BGR benennt Rohstoffursprung und Transparenz von Lieferketten als zentralen Bestandteil von Zertifizierungsstandards²¹.

Erste konkrete Überlegungen zu den dabei zu erfassenden Informationen finden sich u.a. in einem Informationspapier des BMBF zum Forschungsprogramm Strategische Metalle und Mineralien: „Aus diesem Grund gilt es, mit geeigneten Ansätzen Instrumente und Tools (z. B. „Rohstoffpass“) zu generieren, welche die Menge der strategisch wichtigen und rückgewinnbaren Stoffe lokalisieren und systematisch bewerten, um ein kumuliertes Recyclingpotenzial verschiedener Produkte und Produktkategorien ableiten zu können. Hierzu sind Aspekte wie Produktnutzungsdauer, Umlaufmenge und die in den Produkten enthaltenen Rohstoffe in Menge, Qualität und Materialverbund zu quantifizieren. Es sind diesbezüglich einfache, vor allem praktikable und allgemeingültige Konzepte zur Rohstoffidentifikation in der Abfallwirtschaft notwendig.“²²

Als Vorbild für einen solchen Ansatz könnte beispielsweise der versuchsweise schon umgesetzte Gebäudepass dienen: „Um das Erfassen von verbauten Wertstoffen zukünftig einfacher zu gestalten, sollten Instrumentarien (weiter-)entwickelt werden, mit Hilfe derer bereits in der Planungsphase eines Bauwerkes Wertstoffmassen ermittelt und die gewonnenen Kenndaten für die Erstellung eines wertstoffbezogenen Gebäudepasses herangezogen werden können.“²³ Über erste Pilotprojekte hinaus sollen in Zukunft auch während der Nutzungsdauer anfallende Umbaumaßnahmen mit Hilfe dieser Instrumentarien erfasst und bauliche Veränderungen in diesem Gebäudepass abgebildet werden. Zudem bestehen Überlegungen, das Sekundärrohstoffpotenzial nicht nur für einzelne Gebäude sondern auch flächendeckend im kommunalen Bereich kumulativ zu erheben.

Konkret wären im Rahmen eines solchen Ressourcen-Passes für Elektronikprodukte Angaben zu folgenden Punkten bereitzustellen:

- die absolute Menge von als ressourcenrelevant identifizierten Rohstoffen pro Produkt sowie die Lokalisierung dieser Mengen in einzelnen Komponenten

²¹ Weitere Diskussionen zu der mangelnden Nachvollziehbarkeit von Rohstoffursprung und Produktzusammensetzungen und der Notwendigkeit von Informationspflichten finden sich in folgenden Dokumenten:

- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2010): Mineral Certification at the BGR (Projektdownloads zu Rohstoffzertifizierungen) http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Min_rohstoffe/CTC/Home/CTC_node_en.html (18.11.2013).
- Führ, M., Nuphaus, L., Hottenroth, H., Barginda, K., Roller, G., Cichorowski, G., Assmann, R. (2008): Herstellerverantwortung nach WEEE-Richtlinie und Produktinnovationen – Status quo, Szenarien und Handlungsbedarf. Müll und Abfall 40 (1), S. 11–18.
- Schütte, P., Franken, G., Gebauer, H. P., Dorner, U., Hagemann, A. (2011): Rohstoff-Zertifizierung und Sorgfaltspflichten von Unternehmen in den Lieferketten von Konfliktmineralen. Commodity Top News 2011 (38), S.1–6
- Wagner, M., Franken, G., Martin, N., Melcher, F., Vasters, J., Westphale, E. (2007): Zertifizierte Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe. Projektstudie. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

²² Faulstich et al. 2010, S. 37

²³ Faulstich et al. 2010, S. 57

- der Herkunftsort dieser Rohstoffe sowie die mit ihrer Gewinnung verbundenen Ressourcenaufwendungen
- Angaben zur Reparatur der verschiedenen Komponenten des Produkts sowie Hinweise zur Demontage von Komponenten, in denen die ressourcenrelevanten Rohstoffe verbaut sind

Angaben zu Reparatur und Demontage können sich z. B. an der öffentlich verfügbare Spezifikation PAS 1049 orientieren, die eine standardisierte Form der „Übermittlung recyclingrelevanter Informationen zwischen Herstellern und Recyclingunternehmen“ in Form eines Recyclingpasses vorschlägt. Im Einzelnen beinhaltet der Recyclingpass Informationen über Lage, Art und Menge von Komponenten und Bauteilen, die zu entfernen sind (inkl. Zerlege-Reihenfolge und Hinweisen zur schnelleren Demontage), die gesondert behandelt werden müssen (z.B. bei besonderen Verbundmaterialien), die den Recyclingprozess stören, die Erlöse als Ersatzteile bzw. Wertstoffe erzielen sowie Aussagen über die Eignung der verbauten Materialien zum Recycling, für die energetische Verwertung sowie für die Beseitigung (siehe www.recyclingpass.com der KERP Engineering GmbH).

Durch eine zusätzliche Bereitstellung von Handlungsempfehlungen zur Vermarktung von Produkten, Ersatzteilen und Stoffen können die wirtschaftlichen und ökologischen Potenziale nutzbar gemacht werden. Entsprechende Schritte im Bereich von Hinweisen zur Vermarktung, auch mit Blick auf ressourcenrelevante Stoffe, werden zum Beispiel durch das Blatt „Vermarktung“ der VDI 2343 – Recycling von elektr(on)ischen Geräten gemacht. Derzeit überarbeitet der Richtlinienausschuss das Blatt, um angesichts des steigenden Preisdrucks auf wirtschaftsstrategische Metalle wie Seltene Erden Platingruppenmetalle, Antimon und Zinn, auch deren erfolgreiche Vermarktung zu forcieren (Brüning 2013).

Rechtliche und technische Umsetzbarkeit

Hemmnisse zur Umsetzung des Instruments könnten sich insbesondere durch Einwände der Elektronikindustrie mit Verweis auf Geschäftsgeheimnisse ergeben. Die stoffliche Zusammensetzung von Produkten bzw. die Benennung von Rohstoffzulieferern könnte Rückschlüsse auf eingesetzte Technologien oder Produktionsprozesse erlauben, die rechtlich geschützt sein könnten. Einen rechtlichen Anknüpfungspunkt für einen solchen Ressourcen-Pass könnte jedoch § 13(6) ElektroG darstellen, wonach der Produktverantwortliche bereits verpflichtet wird, über sämtliche in Verkehr gebrachte Elektro(nik)geräte produktspezifische und entsorgungsrelevante Informationen den Akteuren der Erstbehandlung von EAG verfügbar zu machen. Mit der in § 7 ElektroG vorgeschriebenen Kennzeichnungspflicht hat der Gesetzgeber das notwendige Grundgerüst bereits vorgegeben.

Die technische Umsetzung eines solchen Ressourcen-Passes könnte im Rahmen eines Systems für Lieferkettenmanagement durch eine Kennzeichnung mit einem Radio Frequency Identification Device (RFID)-System unterstützt werden, um die Wertschöpfung enthaltener Materialien zu steigern und die bisher vernachlässigte Wiederverwendung von kompletten EAG oder deren Bauteile stärker zu priorisieren. Anhand solcher Kennzeichnungen können produktspezifische Informationen auch bei größeren Mengen und Gemischen anfallender Sammelgruppen schnell und systematisch erfasst werden. RFIDs werden in unterschiedlichen Kontexten als Instrument zur Schließung von Recyclingkreisläufen diskutiert (vgl. Binder et al. 2008), würden sich aus unterschiedlichen Gründen aber besonders für Elektronikgeräte eignen: Die allermeisten Elektronikgeräte weisen einen entsprechenden Wert auf, der das Aufbringen eines RFID-Tags lohnt. Die Kosten belaufen sich aktuell etwa auf 0,05 Euro, könnten bei Massenproduktion aber auch noch unter die 1-Cent-Marke sinken. Deutlich teurer sind allerdings die Kosten für die technische Infrastruktur

zum Auslesen der Tags. Entsprechende Berechnungen speziell mit Blick auf Elektroaltgeräte lassen aber vermuten, dass hier relativ kurze Amortisationszeiten erreicht werden könnten²⁴. Gleichzeitig muss natürlich verhindert werden, dass über den Einsatz von RFIDs neue dissipative Nutzungen und damit verbundene Rohstoffverluste entstehen (Abschätzungen dazu werden z.B. aktuell im Projekt WEEE Trace²⁵ vorgenommen).

Auf dieser Basis sollten folgende Handlungsoptionen geprüft werden:

- Errichtung eines vom BMUB koordinierten Arbeitskreises unter Beteiligung von Herstellern, Zulieferern Verwertern und privaten ReUse- und Reparatur-Initiativen, der konkrete Informationsbedürfnisse der verschiedenen Akteure definieren soll
- Inhaltliche Koordinierung der laufenden Forschungsaktivitäten zum geologischen Fingerprinting (z.B. bei der BGR) mit Forschungsprojekten zum Einsatz umweltrelevanter oder kritischer Rohstoffe (z.B. im Rahmen der aktuellen r4-Ausschreibung)
- Vertiefte rechtliche Prüfung, ob eine solcher Ressourcen-Pass auf nationaler oder europäischer Ebene langfristig als Marktzugangsvoraussetzung etabliert werden kann

²⁴ Urban/Halm 2009, S.69

²⁵ <http://www.weee-trace.eu>

Apple (2012): Verantwortung der Zulieferer – Arbeits- und Menschenrechte. URL:
<http://www.apple.com/de/supplierresponsibility/labor-and-human-rights.html>

Apple (2013a): Apple Supplier Responsibility 2013 Progress Report. Online verfügbar:
http://images.apple.com/supplierresponsibility/pdf/Apple_SR_2013_Progress_Report.pdf

Apple (2013b): Apple und der Umweltschutz. Die Geschichte hinter der Umweltbilanz von Apple. URL:
<http://www.apple.com/de/environment/our-footprint/#manufacturing>

Apple (2013c): 13-inch MacBook Air. Environmental Report. URL:
http://images.apple.com/euro/environment/reports/docs/13inch_macbookair_product_environmental_report_june2013.pdf

Bringezu, S. (2013): Global mineral extraction for the EU economy. Presentation at the EO Miners "Minerals and Society Workshop". 19. September 2013. Brüssel. Online verfügbar: http://www.eo-miners.eu/data_public/eom_workshop/3_2_Bringezu.pdf

Büning, R. (2013): Richtlinienausschuss überarbeitet das Blatt „Vermarktung“ der VDI 2343 – Recycling von elektr(on)ischen Geräten. In: ReSource 1/2013, S. 53-54.

Chancerel, P (2010): Substance flow analysis of the recycling of small waste electrical and electronic equipment - An assessment of the recovery of gold and palladium. Dissertation. Technische Universität Berlin.

Enough Project (2012): New Report: Apple Strong on Supply Chain Tracing, Weak on Certification. Raise Hope for Congo campaign. Online veröffentlicht am 19.01.2012. URL: <http://www.raisehopeforcongo.org/blog/post/new-report-apple-strong-supply-chain-tracing-weak-certification>

Faulstich, M.; Mocker, M.; Pfeifer, S.; Köglmeier, M.; Egener, S. (2010): r 3 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Informationspapier zum Forschungs- und Entwicklungsbedarf der gleichnamigen BMBF-Fördermaßnahme. Technische Universität München, Straubing.

Lauridsen, E. H.; Jorgensen, U. (2010): Sustainable Transition of electronic products through waste policy. In: Research Policy 39, S. 486–494.

Nager IT (2013): Lieferkette. URL: <https://www.nager-it.de/static/pdf/lieferkette.pdf>

Sander, K.; Schilling, S.; Tojo, N.; v. Rossem, C.; Vernon, J.; George, C. (2007): The Producer Responsibility Principle of the WEEE Directive. Final Report. Studie im Auftrag von DG ENV. Study Contract N° 07010401/2006/449269/MAR/G4, Hamburg.

Saurat, M.; Bringezu, S. (2008): Platinum Group Metal Flows of Europe. Global Supply, Use in Industries and the Shift in Environmental Impacts. Part I. MATISSE Working Papers 20. 3/2008. Online verfügbar: http://www.matisse-project.net/projectcomm/uploads/tx_article/Working_Paper_20mV.pdf

Stevens, C., 2004. Extended producer responsibility and innovation. In: Economic Aspects of Extended Producer Responsibility. Organization for Economic Cooperation and Development OECD, Paris, pp. 199–216.

Tojo, N., et al., 2006. Extended producer responsibility as a driver for product chain improvement. In: Scheer, D., Rubik, F. (Eds.), Governance of Integrated Product Policy. Greenleaf, Sheffield, pp. 224–242.

Urban, A.; Halm, G. (2009): Mit RFID zur innovativen Kreislaufwirtschaft. In: UNIK-AT. Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik. Band 10. kassel university press GmbH, Kassel.

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.

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.

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.

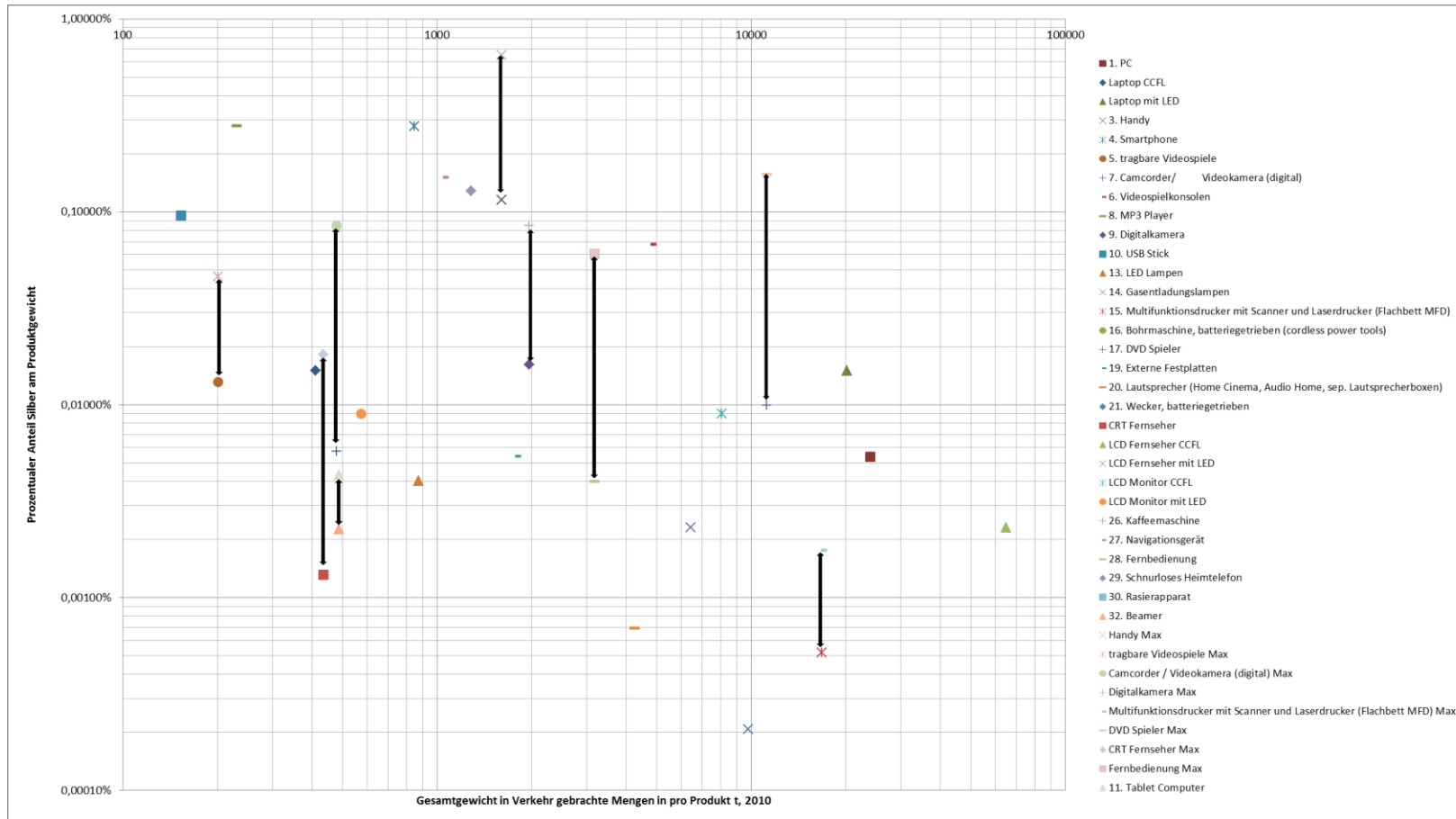
Tabelle 2: Materialspezifischer kumulierter Rohstoffaufwand verknüpft mit Gerätezusammensetzungen der Sammelgruppe SG3 und SG5

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	5.1.1 Abgebildet als Flachglas
Andere	1.188	68	82	5.1.2 KRA nach Wilts 2013
Σ		10.339	24.722	

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

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht am Beispiel Silber die Spannweite an Metallgehalten in einzelnen Produkten. Die schwarzen Balken in Abbildung 5 kennzeichnen die Spannweite der recherchierten Minimal- und Maximalwerte, insofern diese mehr als um den Faktor 3 voneinander abweichen.

Abbildung 5: Produktspezifische Gehalte von Edelmetallen



Quelle: Wilts/ von Gries 2012