



FACHBERICHT 2014

SENS
Swico
SLRS

Die Zeichen stehen auf Veränderung

Zurzeit ist sehr viel Bewegung in der Recyclingbranche, sowohl international als auch bei uns in der Schweiz. Die Revisionen der für uns relevanten Rechtsgrundlagen sind in vollem Gange.

Die Überarbeitung des Umweltschutzgesetzes (USG) gibt nicht nur politisch viel zu reden, sondern bewegt auch die Gemüter in der Branche. Es ist allen klar, dass hier die Rahmenbedingungen für unsere künftigen Geschäftstätigkeiten neu definiert werden. Viele Interessengruppen versuchen, ihre ganz spezifischen Interessen im Gesetz zu verankern, um sich so eine möglichst komfortable Ausgangslage für ihre künftigen Aktivitäten zu schaffen. So wird es sehr schwierig sein, am Ende eine Gesetzgebung zu haben, welche den nötigen Rahmen vorgibt, aber trotzdem genügend unternehmerische Freiheiten lässt, um am nationalen und internationalen Markt Akzente zu setzen.

Aus Sicht der Elektro- und Elektronikbranche ist die Revision der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) mindestens genau so wichtig wie jene des USG. Hier stellen sich neben Fragen zur Abwicklung, zu einem Obligatorium und zu freiwilligen Rücknahmesystemen im selben Markt auch die Frage nach dem künftigen Stand der Technik in der Schweiz. Wie weit kann oder will sich die Schweiz am Stand der Europäischen Union anlehnen? Ist der neue CENELEC-Standard als Basis für den Stand der Technik in der Schweiz geeignet? Wollen wir uns künftigen in diesem Bereich noch von der EU differenzieren? Wie könnte eine solche Differenzierung aussehen, und was wären die Vor- bzw. Nachteile?

Alle diese Fragen sollen in einer Begleitgruppe diskutiert und erörtert werden. Hier wartet eine Menge Arbeit auf uns. Aber die Ausgangslage ist gut: Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) anerkennt uns als wichtige Know-how-Träger, was uns bei der Ausarbeitung der Revision ein grosses Mass an Mitsprache ermöglicht.

Wir sind deshalb überzeugt, dass sowohl die Revision des USG als auch der VREG dazu führt, dass wir zusammen in eine erfolgreiche Zukunft im Bereich Ökologie und Umwelt gehen werden und die Schweiz im Ausland weiterhin als Erfolgsmodell bezeichnet werden wird!



Patrick Lampert
SENS



Jean-Marc Hensch
Swico



Silvia Schaller
SLRS

Inhaltsverzeichnis

3 Porträt Recyclingsysteme / 5 Technische Kommission / 6 CEN/CENELEC / 9 Mengen /
12 Kühlgeräte / 14 Batterien / 17 Erhebung der Umlaufdauer bei elektronischen Geräten /
19 Leuchtpulverrecycling / 21 Photovoltaik / 22 Qualität im Recycling / 23 Bildschirmglas /
27 Altkabel / 29 E-Waste Academy / 32 Autoren

Stiftung SENS, Swico, SLRS: Kompetent und nachhaltig

Seit rund 20 Jahren stellen die drei Rücknahmesysteme SENS, Swico und SLRS die ressourceneffiziente Rücknahme und Wiederverwertung sowie die fachgerechte Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten sicher. Die wachsenden Rücknahmemengen zeugen vom Erfolg der Arbeit der drei Systeme.

In der Schweiz existieren drei Rücknahmesysteme im Bereich Elektro- und Elektronikgeräte. Die Aufteilung auf drei Systeme hat historische Gründe, da in den Anfangsjahren des institutionalisierten Recyclings branchenspezifische Systeme aufgebaut wurden. Diese hatten zum Zweck, die Nähe zur jeweiligen Branche zu gewährleisten, um damit auf deren spezifische Bedürfnisse eingehen zu können. Dadurch konnten auch anfängliche Vorbehalte gegen die bis heute freiwillige Teilnahme an einem Rücknahmesystem abgebaut werden. Je nachdem, um welche Art von elektrischem oder elektronischem Gerät es sich handelt, ist heute entweder Swico, die Stiftung SENS oder die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) für die Rücknahme zuständig.

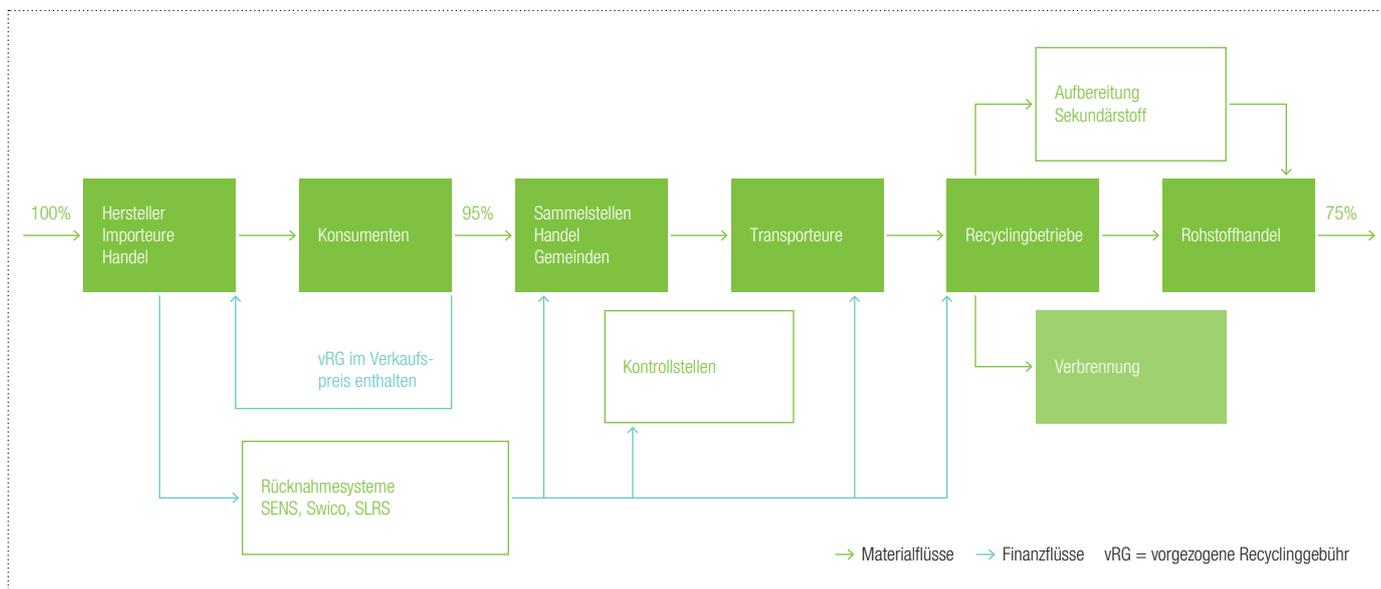
Im Jahr 2013 wurden von den drei Systemen über 128'000 Tonnen¹ ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit haben Swico, die Stiftung SENS und SLRS auch bedeutend dazu beigetragen, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten. Mit der internationalen Vernetzung der drei Organisationen auf europäischer Ebene – beispielsweise als Mitglieder des WEEE-Forums (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) – helfen sie mit, auch grenzüberschreitend Massstäbe beim Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten zu setzen.

Die Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) verpflichtet Händler, Hersteller

und Importeure, Geräte, die sie im Sortiment führen, gratis zurückzunehmen. Um ein nachhaltiges und umweltbewusstes Recycling von elektronischen und elektrischen Geräten wettbewerbsgerecht finanzieren zu können, wird bereits beim Kauf solcher Geräte eine vorgezogene Recyclinggebühr (vRG) erhoben. Die vRG ist ein effizientes Finanzierungsinstrument, welches gewährleistet, dass sich Swico, die Stiftung SENS und SLRS der fachgerechten Bearbeitung ihres jeweiligen Gerätebereichs annehmen sowie den Herausforderungen der Zukunft stellen können.

¹ Es handelt sich um die Menge gemäss den Stoffflussmeldungen der Recyclingbetriebe. Diese ist nicht gleichbedeutend mit der abgerechneten Menge gemäss den Geschäfts- bzw. Jahresberichten von SENS und Swico Recycling.

Die Rücknahmesysteme im Überblick



Stiftung SENS

Die Stiftung SENS ist eine unabhängige, neutrale und nicht gewinnorientierte Stiftung und tritt gegen aussen mit der Marke SENS eRecycling auf. Ihr Fokus liegt auf der Rücknahme, der Wiederverwertung und der Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten der Bereiche Haushaltklein- und Haushaltgrossgeräte, Bau-, Garten- und Hobbygeräte sowie Spielwaren. Dazu arbeitet die Stiftung SENS eng mit spezialisierten Netzwerken zusammen, in denen die am Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten beteiligten Parteien vertreten sind. In Kooperation mit ihren Partnern setzt sich die Stiftung SENS dafür ein, dass das Recycling dieser Geräte im Einklang mit ökonomischen und ökologischen Grundsätzen stattfindet. 2013 ist die Menge an recycelten Kühl-, Gefrier- und Klimageräten nicht mehr angewachsen. Somit ist erstmals eine Sättigung beim Volumen der recycelten Kühlgeräte festzustellen.

Swico

Swico Recycling ist ein Spezialfonds innerhalb des Wirtschaftsverbands für die digitale Schweiz Swico, der sich ausschliesslich mit der kostendeckenden Verwertung von Altgeräten befasst. Die Tätigkeit von Swico hat zum Ziel, Rohstoffe zurückzugewinnen und Schadstoffe umweltgerecht zu entsorgen. Dabei liegt der Fokus von Swico auf Geräten aus den Bereichen Informatik, Unterhaltungselektronik, Büro, Telekommunikation, grafische Industrie sowie Mess- und Medizinaltechnik, wie beispielsweise Kopierer, Drucker, Fernsehapparate, MP3-Player, Handys, Fotokameras usw. Eine enge Zusammenarbeit mit der Empa, einer Forschungs- und Dienstleistungsinstitution für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung innerhalb des ETH-Bereichs, trägt entscheidend dazu bei, dass Swico hohe und schweizweit einheitliche Qualitätsstandards bei allen Entsorgungsdienstleistungen durchsetzen kann.

Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)

Die grundsätzliche Systemverantwortung für Leuchten und Leuchtmittel trägt die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS). Die SLRS kümmert sich um die Organisation der flächendeckenden Entsorgung von Leuchtmitteln und Leuchten in der ganzen Schweiz. Für die Finanzierung dieser Aktivitäten verwaltet die SLRS je einen Fonds für Leuchtmittel und Leuchten, der sich aus der jeweiligen vRG speist. Ferner gehören die Schulung und Sensibilisierung der Marktteilnehmer in Bezug auf das Recycling von Leuchtmitteln und Leuchten sowie die Information aller Anspruchsgruppen zum Tätigkeitsbereich der SLRS. Die SLRS unterhält in allen Bereichen eine enge Partnerschaft mit der Stiftung SENS. So setzt die Stiftung SENS als Vertragspartnerin der SLRS mit ihrem Rücknahme- und Recyclingsystem nicht nur Sammlung und Transport, sondern auch Recycling, Kontrolle und Reporting im Bereich Leuchten und Leuchtmittel operativ um.

Auf dem Weg nach Europa

Die gemeinsame Technische Kommission von Swico und der Stiftung SENS hat sich im Jahr 2013 verstärkt mit den künftigen Anforderungen an ein gesamt-europäisch einheitliches Auditsystem befasst. Im Vordergrund standen die Einführung des privaten WEEELABEX-Standards sowie die Entwicklung des im Zuge der Revision der europäischen WEEE-Direktive als verbindlich vorgesehenen CENELEC-Standards.

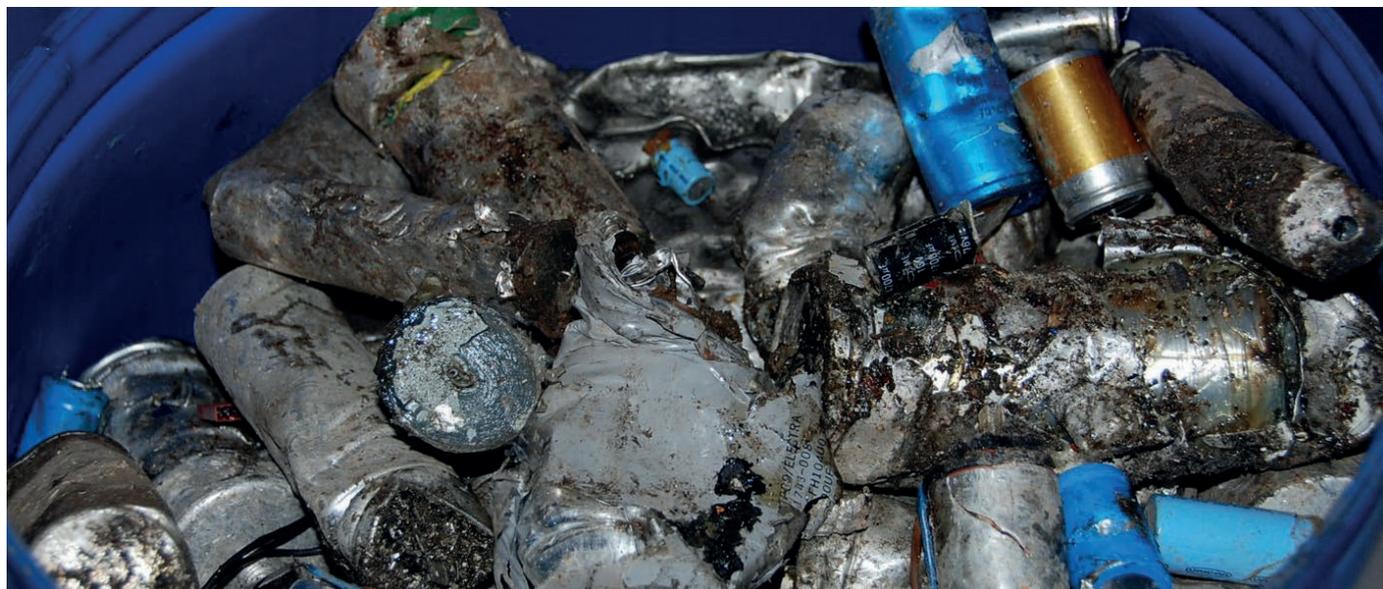
In den letzten Jahren waren einzelne Vertreter der Technischen Kommission Swico/SENS intensiv mit der Ausarbeitung des WEEELABEX-Standards und mit der Vorbereitung zu dessen Umsetzung beschäftigt. In einer speziellen Taskforce wurden 2012 und 2013 die Auditdokumente vorbereitet, die als Grundlage für das erste WEEELABEX-Auditorentraining vom 9. und 10. Juli 2013 in Prag dienten. Inzwischen sind vier Kontrollexperten von Swico und SENS als WEEELABEX-Lead-Auditoren ausgebildet.

Auf grossen Druck der EU-Kommission fand parallel dazu die Entwicklung der CENELEC-Norm EN 50625 statt. In einer breit abgestützten, 50-köpfigen Normierungskommission war auch ein Mitglied der Technischen Kommission Swico/SENS vertreten. Gegenwärtig ist ein umfangreiches Normenwerk in

Erarbeitung, welches ab 2015 bzw. 2016 auch die Auditierung in der Schweiz beeinflussen wird. Wie und ab wann der CENELEC-Standard in der Schweiz umgesetzt wird, ist gegenwärtig aber noch offen.

Die 10-köpfige Technische Kommission von Swico und der Stiftung SENS hat sich 2013 viermal zu je einer ganztägigen Sitzung getroffen. An den Sitzungen wurden die Resultate der Audits besprochen und technische Fragen diskutiert. Die technischen Vorschriften von Swico, SENS und SLRS sowie deren einheitliche Anwendung standen ebenfalls regelmässig auf der Traktandenliste. Dabei fand auch 2013 eine Weiterbildung statt. Im letzten Jahr ging es unter anderem darum, bezüglich der Änderungen der relevanten Umweltvorschriften auf dem neuesten Stand zu sein. Die Kontrollexperten der Technischen

Kommission kontrollieren im Auftrag von Swico und SENS die Partnerbetriebe nämlich nicht nur bezüglich der Einhaltung der technischen Vorschriften, sondern auch bezüglich der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften. Die Kantone Zürich, Aargau, Thurgau und neu auch St.Gallen haben den Vollzug dieser Kontrollen in die Hände von Swico und SENS gelegt. Gegenstand der Weiterbildung war für einmal auch eine Aktualisierung der Kenntnisse im Bereich der Aufbereitungstechnik von Elektronikschrott durch Professor Dr. Rainer Bunge von der Hochschule für Technik Rapperswil sowie einen Vertreter eines Recyclingbetriebs. Dabei wurde unter den Teilnehmern und mit den Referenten auch kontrovers darüber diskutiert, welche Vor- und Nachteile eine hohe manuelle Verarbeitungstiefe gegenüber der mechanischen Verarbeitung aufweist. Als Folge der Rückgewinnung feinst verteilter Mengen an wertvollen und/oder kritischen Metallen dürften in der Rückgewinnungstechnik zunehmend auch Verfahren der nassen Aufbereitung zur Anwendung kommen.



Die erste europäische E-Waste-Norm EN 50625-1 ist ratifiziert

Mit einem für Normierungen ganz ungewöhnlich hohen Tempo schreitet die Entwicklung der europäischen Normenserie für die Verarbeitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten voran. Die Hauptnorm wurde vor Kurzem in Kraft gesetzt. Sie bildet die Grundlage der folgenden Normen für einzelne Gerätekategorien wie Leuchtmittel, Bildschirmgeräte oder Photovoltaikpanels. Diese Normen werden sich auf die Hauptnorm beziehen und bilden zusammen die Serie EN 50625.

Druck der EU-Kommission

Das Fundament steht. Ende Jahr wurde die EN 50625-1 «Collection, Logistic and Treatment requirements for WEEE – Part 1: General Treatment requirements»¹ mit 96% aller gewichteten Stimmen angenommen. Die Norm wurde mittlerweile ratifiziert und wird voraussichtlich noch vor Mitte dieses Jahres in den offiziellen Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch publiziert. Das hohe, für das Normenwesen untypische Tempo erklärt sich mit einem Auftrag der EU-Kommission an die europäische Normenorganisation CEN/CENELEC. Sie beabsichtigt, bei der nächsten Überarbeitung der europäischen WEEE-Direktive (schätzungsweise 2016 oder 2017) den Stand der Technik in der Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten über diese Normenserie verbindlich festzulegen. Damit wären diese Normen in allen EU-Mitgliedstaaten gesetzliche Vorschrift. Die europäische Normenorganisation CEN/CENELEC hat deshalb den Auftrag, die ganze Normenserie (vgl. Abbildung 1) bis Ende 2015 abzuschliessen.

Verbindlich vorgeschriebene Abläufe

Die Normenserie gilt in der CEN/CENELEC dann als abgeschlossen, wenn in den einzelnen Ländern ein positives Abstimmungsergebnis durch alle Normenorganisationen erzielt wird. Für die EN 50625-1 sind mindestens 71% der gewichteten Länderstimmen und das einfache Mehr aller Länder erforderlich. Die Stimmen der grossen Staaten wie Deutschland, Frankreich, England und Italien werden mit 42 Punkten gewichtet. Kleine Staaten wie die Schweiz oder die Niederlande haben 10 Gewichtspunkte. In den Ländern sind es wiederum Kommissionen in

den Normenorganisationen, welche über die Stimmabgabe des Landes nach eigens festgelegten Abläufen bestimmen. Auch die Schweiz kann als Mitglied der europäischen Normenorganisation Einfluss auf die Ausgestaltung des Normenwesens nehmen. Die EN 50625-1 wurde von 18 Ländern angenommen, bei 14 Enthaltungen und der ablehnenden Stimme von Bulgarien. Bei den meisten Enthaltungen handelt es sich vermutlich um fehlendes Interesse oder mangelnde Ressourcen zur Meinungsbildung. Über die Bedeutung einer Enthaltung kann nur spekuliert werden. Im Fall von Grossbritannien ist durchgesichert, dass die Enthaltung aus einer grossen Uneinigkeit in der entsprechenden Länderorganisation entstanden ist.

Umfangreiche Vernehmlassungen

Bevor es jedoch zur Abstimmung kommt, werden die Normenentwürfe in der Regel mehrmals an die Länderorganisationen in die Vernehmlassung geschickt. Diese Vernehmlassungen wurden bisher vor allem von den grossen Länderorganisationen rege benutzt. Für die Hauptnorm wurden im Rahmen von zwei Vernehmlassungen gegen 1'000 Änderungs- und Ergänzungsanträge aus über 20 Ländern gestellt. Auch die Technische Kontrollstelle von Swico und SENS hat sich via schweizerische Normenorganisation Electrosuisse vernehmen lassen. Letztlich geht die europäische Normenserie auf die Standards von Swico und SENS zurück.² Diese dienten als Vorlage für die vor fünf Jahren begonnene Entwicklung der WEEELABEX-Standards, die ihrerseits als Vorlage für die CEN/CENELEC-Normen dienten.³

Kommission mit 50 Mitgliedern

Die Erarbeitung der Normen, die Bearbeitung sowie die Entscheidungen zu den Vernehmlassungsanträgen werden in der TC111X durchgeführt. Es handelt sich dabei um eine von 72 Technischen Kommissionen. Diese bearbeitet die umweltbezogenen Normen und hat für die Serie EN 50625 die Arbeitsgruppe 6 gebildet. Sie umfasst mittlerweile beinahe 50 Mitglieder als Vertreter von assoziierten Organisationen wie verschiedenen Verbänden von Produzenten, Metallrecyclern und E-Waste-Verarbeitungsbetrieben. Stimmberechtigt sind allerdings nur die Vertreter der Normenorganisationen aus den Ländern. Die Arbeitsgruppe 6 trifft alle Entscheidungen, lässt jedoch Entwürfe in Projektgruppen erarbeiten. Insgesamt ist dies eine aufwendige, aber dennoch effiziente und geregelte Arbeitsweise, die auf die grosse Erfahrung der Mitglieder zurückgreifen kann.

13 Dokumente der Serie EN 50625

In Abbildung 1 ist der Bearbeitungsstatus aller vorgesehenen Dokumente im Rahmen der Serie EN 50625 dargestellt. Es handelt sich insgesamt um fünf Normen (EN) und acht Technische Spezifikationen (TS). Die Technischen Spezifikationen sind ebenso verbindlich wie die Normen selbst, enthalten jedoch Grenz- und Zielwerte sowie Wegleitungen für die Probenahme von Material und spezifische Details für die Durchführung von Tests. Sie lassen sich bei Bedarf einfacher ändern und an die Entwicklung anpassen, als dies bei Normen (EN) der Fall ist. Von den fünf Normen wurde die Hauptnorm bereits angenommen und ratifiziert. Die Leuchtmittelnorm ist unterdessen den Ländern zur Abstimmung vorgelegt worden, die restlichen drei liegen erst als Entwürfe vor und werden im Laufe dieses Jahres in die Vernehmlassung geschickt. Für die Kühlgerätenorm wird die bestehende EN 50574-1 an die Struktur der EN 50625 angepasst, ohne dass materiell etwas geändert werden soll. Ganz neu ist der Normenentwurf über die Behandlung von Photovoltaikpanels.

Collection, Logistics & Treatment Requirements for WEEE

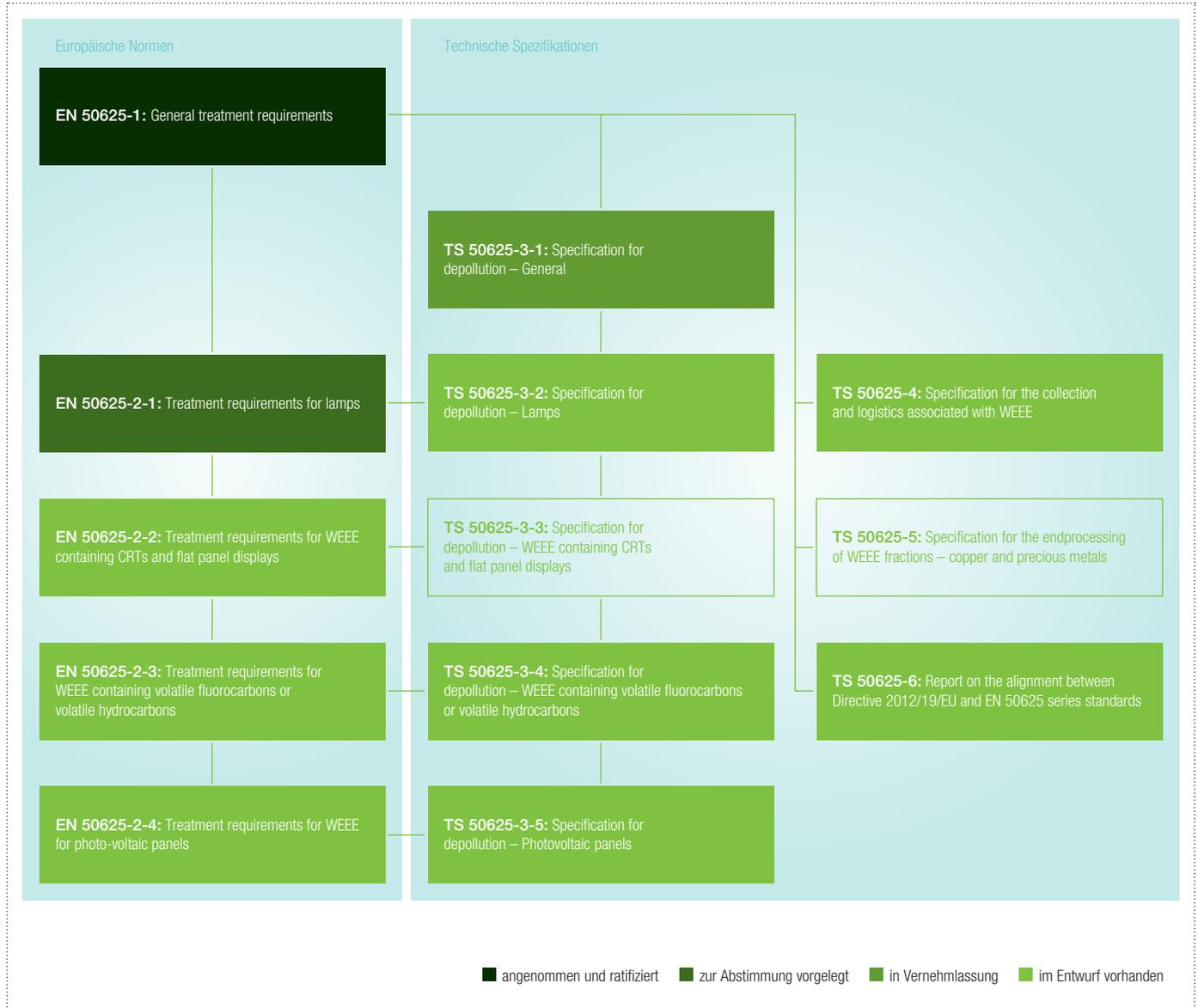


Abbildung 1: Struktur, Zusammenhänge und Bearbeitungsstatus der Serie EN 50625 über die Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten (Februar 2014)

¹ Die offizielle deutsche Übersetzung ist noch nicht verfügbar.

² Recycling Swico / SENS; «Technische Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten», Teil 1 «Allgemeine technische Vorschriften», Teil 2 «Richtlinien» und Anpassungen, 03.03.2009.

³ Über die Geschichte der Normenentwicklung wurde im Fachbericht 2013 von Swico, SENS und SLRS ausführlich berichtet.



Abbildung 2: Eine von mehreren Projektgruppen: Vertreter von Philips, Indaver, Dela und den Rücknahmesystemen aus Spanien, Deutschland, England, Frankreich und der Schweiz

Technische Spezifikationen

Bei den Technischen Spezifikationen ist man noch weniger weit fortgeschritten. Einerseits sind sie weniger prioritär und in Bezug auf Vernehmlassungs- und Abstimmungsprozeduren einfacher. Auf der anderen Seite sind gerade Grenzwerte, etwa für Schadstoffe in Fraktionen, oft umstritten. Sie werden in den Technischen Spezifikationen definiert und führen zu intensiven Diskussionen und vielen Änderungsanträgen. Das hat die Kommission am Beispiel der TS 50625-3-1, dem einzigen bereits in die Vernehmlassung geschickten TS-Dokument, erfahren. Die Diskussion der Vernehmlassung hat vier ganztägige Sitzungen und zwei mehrstündige Webkonferenzen in Anspruch genommen.

Erste Konsequenzen auch in der Schweiz

Die Nachfrage nach einer Norm ist ausgewiesen, und die Normenarbeit hat seit dem Auftrag der EU an die europäische Normenorganisation an Bedeutung gewonnen. Die Arbeitsgruppe 6 der Norm TC111X «Umwelt» wird kritischer beobachtet, und das Lobbying hat zugenommen. Auch die Tatsache, dass die Serie EN 50625 – obwohl immer noch in Entwicklung – zum Beispiel in den Niederlanden bereits in das nationale Gesetz zum Vollzug der WEEE-Direktive aufgenommen wurde, lässt auf eine zunehmende Bedeutung in der Recyclingpraxis schliessen. Ob auch in der Schweiz der Stand der Technik in der entsprechenden Verordnung VREG mit der EN-Norm definiert

wird, ist noch offen. Auf alle Fälle sind Swico, SENS und SLRS gewillt, die Normen im Rahmen ihrer Partnerschaften mit den Recyclingbetrieben vertraglich festzulegen. Schliesslich geht das Normenwerk auf eine Initiative der Schweiz zurück. Deren Einführung wird in der Praxis kaum grosse Veränderungen zur Folge haben.

Konstant hohe Menge an verarbeiteten Geräten

Im Jahr 2013 wurde mit knapp 128'000 Tonnen recycelten E+E-Geräten fast die gleiche Menge wie im Vorjahr erreicht. Auch die Mengen und die Verwertung der entstehenden Fraktionen unterscheiden sich kaum gegenüber dem Vorjahr.

Im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet die Menge E+E-Geräte, welche von den SENS- und Swico-Recyclern verarbeitet wurden, einen geringfügigen Rückgang um 1% auf 127'900 Tonnen (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 1). Dies entspricht einer Menge von 16 Kilogramm pro Einwohner und Jahr, womit die Schweiz im Vergleich zu anderen europäischen Ländern weiterhin eine Spitzenposition einnimmt. Innerhalb der Gerätekategorien gab es teilweise grosse Verschiebungen. Weiterhin eine starke Zunahme verzeichnen mit 3'500 Tonnen oder 19% die Elektrokleingeräte. Auch die Menge der verarbeiteten Leuchtmittel hat um 15% zugenommen und liegt nach einer Abnahme im Jahr 2012 wieder auf dem Niveau der Vorjahre. Die Menge der verarbeiteten Elektronikgeräte dagegen hat um 2'300 Tonnen abgenommen und die Menge der Geräte, welche nicht in den Listen der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) aufgeführt sind, um 2'000 Tonnen. Der Rückgang bei den Elektronikgeräten ist hauptsächlich auf

den Rückgang bei verarbeiteten Röhrenbildschirmen zurückzuführen.

Stoffbilanz der SENS-Swico-Recycler

Aufgrund der Stoffflussdaten, welche die Recycler jedes Jahr abgeben, kann eine detaillierte Stoffbilanz der verarbeiteten E+E-Geräte erstellt werden (vgl. Abbildung 2). Die grösste aus der Verarbeitung resultierende Fraktion sind die Metalle mit rund 55% Masseanteil, danach folgen 14% Kunststoffe und 13% Kunststoff-Metall-Gemische. Das Glas aus der Röhrenbildschirmverarbeitung hat einen Anteil von 7%. Die Leiterplatten, welche besonders wertvolle Stoffe beinhalten, sowie die Schadstoffe machen lediglich 1 bis 2% der gesamten verarbeiteten Menge aus. Die Mengen der einzelnen Wertstoff- und Schadstofffraktionen haben sich im Vergleich zum Jahr 2012 nur wenig verändert. Obwohl die Menge an Schadstoffen im Vergleich zu den Wertstoffen klein erscheint, ist deren Entfrachtung und umweltgerechte Entsorgung eine der wichtigsten Aufgaben

der SENS-Swico-Recycler. Die oft manuelle Schadstoffentfrachtung erfolgt zum grossen Teil in rund 90 Zerlegebetrieben, mit denen die Recycler zusammenarbeiten. In diesen Betrieben werden nicht nur die verschiedenen Schadstoffe entfrachtet, sondern auch besonders wertvolle Geräteteile und Komponenten manuell demontiert.

Verwertungsquote von über 75%

Die Gesamtverwertungsquote über alle Gerätekategorien und Recyclingbetriebe beträgt über 75%. Die grösste verwertbare Fraktion bilden wiederum die Metalle, welche meist im europäischen Ausland in grossen Schmelzwerken verarbeitet werden. Der Anteil an Kunststoffen, welche in eine stoffliche Verwertung gehen, hat mit rund 78% auch dieses Jahr wieder zugenommen. Kunststoff-Metall-Gemische gelangen ebenfalls ins Ausland, wo sie in aufwendigen Aufbereitungsverfahren in reine Metall- und Kunststofffraktionen aufgetrennt werden. Weiter verarbeitet werden Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien.

Tabelle 1: Total verarbeitete elektrische und elektronische Geräte in der Schweiz in Tonnen, gemäss der Stoffluserhebung

Jahr	Elektrogrossgeräte	Kühl-, Gefrier- und Klimageräte	Elektrokleingeräte	Elektronikgeräte	Leuchtmittel	Nicht-VREG-Geräte	Total Tonnen/Jahr
2009	30'400	15'300	14'900	47'300	1'100	1'200	110'200
2010	30'700	15'900	15'400	50'700	1'130	3'500	117'400
2011	27'800	16'800	16'300	51'300	1'110	5'200	118'500
2012	30'300	17'500	18'800	55'500	960	6'000	129'100
2013	30'600	16'700	22'300	53'200	1'100	4'000	127'900
Veränderung gegenüber Vorjahr	1%	-5%	19%	-4%	15%	-33%	-1%

Abbildung 1: Entwicklung der verarbeiteten Gerätemengen in der Schweiz in Tonnen

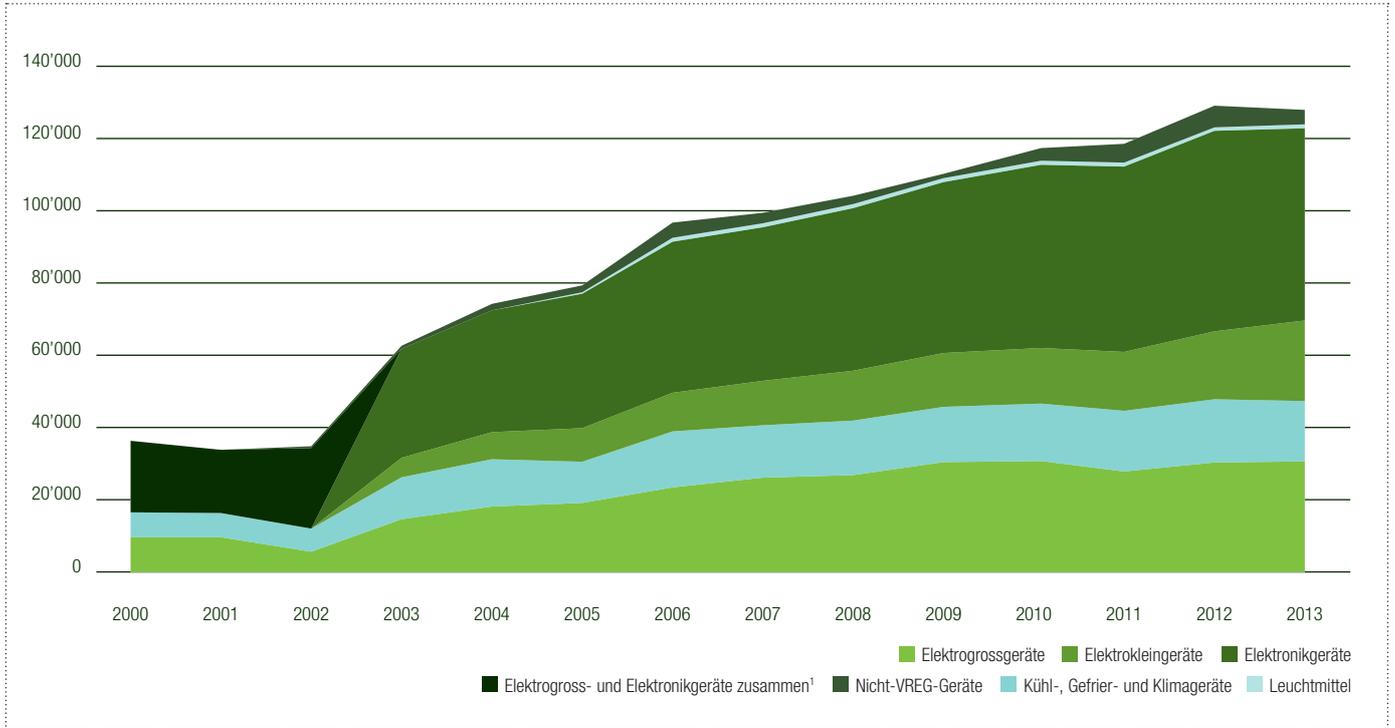
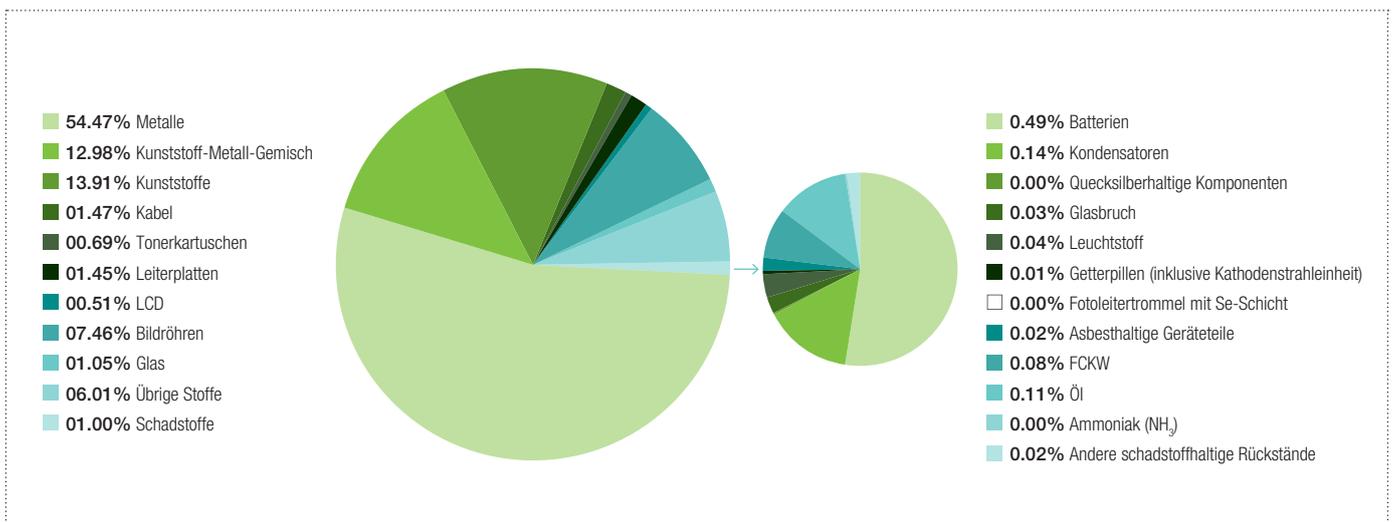


Abbildung 2: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2013



Separat ausgewiesen sind die Schadstoffe, welche insgesamt nur 1% der erzeugten Fraktionen ausmachen.

Tabelle 2: Gesammelte Swico-Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp

	Anzahl ⁴	Ø-Gewicht	Metalle	Kunststoffe	Metall-Kunststoff-Gemische	Kabel	Glas- und/oder LCD-Module	Leiterplatten	Schadstoffe	Weiteres ⁵	Total	Zu-/Abnahme gegenüber 2012
PC-Monitore, CRT	173'000	18kg	452t	613t	292t	79t	1'347t	282t	0.2t	14t	3'080t	-44%
PC-Monitore, LCD	464'000	5.8kg	1'146t	641t		11t	675t	186t	8.7t	12t	2679t	6%
PCs / Server	380'000	13kg	4'048t	283t	13t	151t		410t	16t		4'921t	-3%
Notebooks	370'000	3.3kg	370t	344t	124t	6t	107t	177t	84t	5.1t	1'219t	-4%
Drucker	498'000	10kg	1'746t	2'649t	303t	27t	34t	86t	1.5t	80t	4'927t	-6%
Grosskopierer / Grossgeräte	42'000	164kg	3'750t	229t	2'507t	125t	4.1t	50t	56t	168t	6'889t	23%
IT, gemischt ²	412'000	9kg	2'016t	118t	1'359t	68t	1.6t	26t	30t	89t	3'708t	-11%
CRT-Fernseher	430'000	29kg	1'229t	2'549t	415t	43t	8'062t	153t	12t	6.8t	12'470t	-25%
LCD-Fernseher	139'000	16kg	896t	322t		43t	558t	265t	20t	75t	2'180t	10%
UE, gemischt ³	2'096'000	4.8kg	5'448t	320t	3'674t	182t	4.3t	70t	81t	240t	10'020t	-7%
Telefone, mobil	590'000	0.16kg	15t	34t			4.9t	21t	19t		94t	34%
Telefone, Rest	1'341'000	2.2kg	1'568t	92t	1'057t	53t	1.2t	20t	23t	69t	2'883t	25%
Foto / Video	275'000	0.6kg	89t	5.2t	60t	3t	0.1t	1.1t	1.3t	3.9t	163t	18%
Dental											70t	4%
Total in Tonnen			22'771t	8'201t	9'805t	791t	10'800t	1'749t	353t	763t	55'304t⁶	
Total in Prozent			41%	15%	18%	1.4%	20%	3.2%	0.6%	1.4%	100%	

Erstmals deutliche Abnahme bei den verarbeiteten Bildschirmgeräten

Bei den zurückgenommenen Elektronikgeräten verzeichnete Swico im Vergleich zum Jahr 2012 einen Rückgang um rund 10%. Hauptgrund für den Rückgang ist wie bereits erwähnt der erstmalige Rückgang bei den zurückgenommenen Röhrenbildschirmen (CRT-Computermonitore: -44%, CRT-TV-Geräte: -25%). Obwohl diese Geräte schon seit Jahren nicht mehr verkauft wurden, war der Rücklauf in den letzten Jahren immer noch sehr hoch. Jetzt zeichnet sich

ab, dass das bestehende Lager an CRT-Geräten in der Schweiz langsam, aber sicher zur Neige geht. Der Rücklauf bei Mobiltelefonen und Smartphones konnte wiederum um 34% gesteigert werden, was auf ungebrochen hohe Verkaufszahlen bei Smartphones zurückzuführen ist. Telefone werden zunehmend durch Mobiltelefone oder VoIP-Systeme abgelöst, was zu einem erhöhten Rücklauf von 25% führte.

Die Zusammensetzung der einzelnen Gerätekategorien wird durch Verarbeitungsversuche ermittelt, die bei den Swico-Recyclern durchgeführt

und von der Empa begleitet werden. Dabei wird eine zuvor festgelegte Menge an Geräten gesammelt, und die entstehenden Fraktionen werden dokumentiert. Die detaillierten Rücknahmemengen bei Elektronikgeräten und ihre Zusammensetzung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

¹ Bis 2002 wurden Elektroklein- und Elektronikgeräte gemeinsam erfasst.

² IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PCs / Server, Notebooks, Drucker, Grosskopierer / Grossgeräte.

³ Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte.

⁴ Hochrechnung.

⁵ Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen.

⁶ Diese Zahl ist aus zwei Gründe grösser als die 53'200 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1: Erstens sind darin rund 2'000 Tonnen enthalten, welche in Tabelle 1 in «Nicht-VREG-Geräte» enthalten sind, und zweitens bezieht sich diese Zahl auf die zurückgenommene Menge, welche oft geringfügig grösser ist als die verarbeitete Menge, da einige Geräte im betrachteten Zeitraum im Lager bleiben.

Kühlgeräte

Auch 2013 verarbeiteten die vier SENS-Kühlgeräterecycler über eine Dreitmillion Geräte auf Stufe 1 (Absaugung der Kältemittel aus den Kompressoren) und Stufe 2 (Extraktion der Treibmittel aus dem PU-Isolationsschaum). Etwa 4% dieser Geräte wurden wie in den vergangenen Jahren in einer Anlage im Ausland recycelt. Nachdem in den letzten zehn Jahren eine kontinuierliche Steigerung der verarbeiteten Menge verzeichnet werden konnte, war die Gesamttonnage an rückproduzierten Kühlgeräten 2013 mit 17'300 Tonnen im Vergleich zum Vorjahr erstmals minim rückläufig (-1%).

HC- und FCKW-Kompressoren erstmals gleichauf

Der seit 2003 beobachtbare Rückgang des Anteils FCKW-betriebener Kompressoren und die simultan dazu erfolgende Erhöhung des Anteils der in die Verwertung gelangenden HC-Kompressoren schritt bislang linear voran. Gemäss Berichtsperiode 2013 hat sich dieser Trend nun innerhalb nur eines Jahres enorm beschleunigt (vgl. «Knicks» in Abbildung 1): Waren im Erhebungsjahr 2012 noch 60% der in die Verwertung gelangenden Kältesysteme vom FCKW-Typ, waren es 2013 gerade noch 48%. Analog stieg im gleichen Zeitraum der Anteil der HC-Kompressoren von 37 auf ebenfalls 48%, womit das im letzten Fachbericht für die Jahre 2014 bis 2016 vorhergesagte Gleichgewicht zwischen FCKW- und HC-Kompressorgeräten bereits 2013 eingetreten ist. Vermutlich setzt sich diese Entwicklung in mindestens gleich starker Ausprägung im nächsten Jahr fort, was bedeutete, dass die HC-Kompressoren 2014 einen Anteil von gegen zwei Dritteln hätten. Der Anteil ammoniakhaltiger Absorbersysteme stagnierte bei gut 3%.

Hohe Performance, sinkende Rückgewinnungsmengen

Die seit 2002 grundsätzlich feststellbare Abnahme der pro Gerät abgesaugten Kältemittelmenge setzte sich 2013 fort. Wurden im vergangenen Erhebungsjahr bereits «nur» noch 95 Gramm Kältemittelgemisch zurückgewonnen, waren es 2013 noch 89 Gramm. Die Reduktion hat mitnichten mit

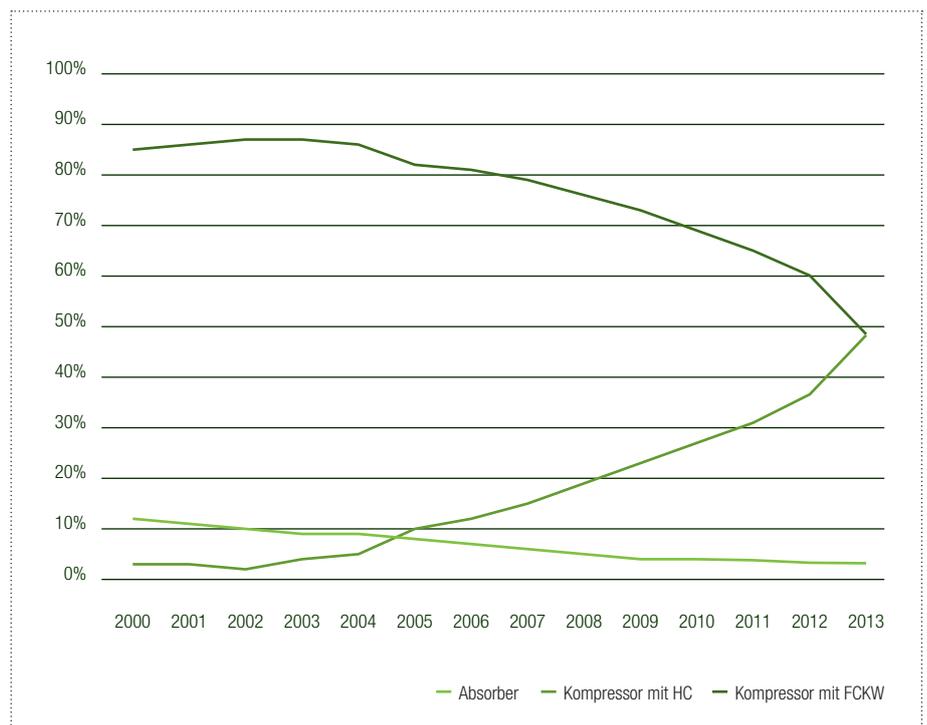
die spezifische Kältemittelmenge auch in Zukunft beständig abnehmen, bis sie dereinst um 60 bis 70 Gramm betragen wird. Dies wird aber mit Sicherheit erst weit nach 2020 der Fall sein, denn der Anteil FCKW-Kompressoren nähert sich asymptotisch der Nullprozentmarke. Dass die zurückgewonnene spezifische Ölmenge von 214 auf 196 Gramm gesunken ist, lässt darauf schliessen, dass bei den HC-Kompressoren die Einfüllmenge nicht nur des Kältemittels, sondern auch des Öls geringer ist.

HC-geschäumte Kühlgeräte legen weiter zu

Im Vergleich zu den FCKW-Kompressoren flacher, aber ebenfalls kontinuierlich abwärtszeichend verläuft

einer Einbusse bei der Recyclingperformance zu tun. Vielmehr widerspiegelt der Rückgang den erhöhten Anteil HC-haltiger Kühlkreisläufe am Gesamtvolumen: Ein HC-Kompressor enthält nur ca. 40% jener Kältemittelmenge, wie sie in einem herkömmlichen FCKW-Kompressor vorhanden ist. Infolgedessen wird

Abbildung 1: Entwicklung der auf Stufe 1 behandelten Gerätetypen (FCKW- und HC-haltige Kompressoren sowie ammoniakhaltige Absorbersysteme)



die Kurve bei den FCKW-geschäumten Gerätegehäusen. Sie sank von 47% im letzten Jahr auf nunmehr 43%. Der Anteil HC(Cyclopentan)-geschäumter Gehäuse stieg von 53 auf 57%. Die Trendwende hatte sich hier schon während des Erhebungsjahrs 2012 vollzogen.

Da FCKW- und HC-geschäumte Gerätegehäuse nicht getrennt, sondern gemeinsam auf denselben Produktionslinien verarbeitet werden, lässt sich auch bei der Rückgewinnung der Treibmittel (Stufe 2) seit 2001 eine Abwärtstendenz beobachten. Ähnlich wie bei Stufe 1 werden auch bei Stufe 2 die evakuierten Treibmittel als Gemisch aufgefangen. Die steigenden Stückzahlen bei den HC-Gerätegehäusen sowie die geringeren HC-Mengen im Polyurethanschaum machen sich daher hier ebenfalls in Form geringerer Rückgewinnungsmengen bemerkbar. Wurden um die Jahrtausendwende noch Mengen über 80 Gramm pro Kilogramm PU zurückgewonnen, sanken diese Werte – mit einigen Schwankungen – 2012 erstmals unter 60 Gramm auf 58 Gramm (vgl. Abbildung 2). 2013 resultierte ein Durchschnittswert von 54 Gramm Treibmittelgemisch pro Kilogramm PU. Basierend auf der Annahme (durch Analysen und Herstellerangaben erhärtet), dass die spezifische Menge Cyclopentan pro Kilogramm PU zum Ende der Lebensdauer

eines Geräts rund 40 Gramm beträgt, lässt sich ein ungefährender Zeithorizont bis 2020 prognostizieren, innerhalb dessen sich der durchschnittliche Treibmittel-Rückgewinnungswert auf ebendiesem Niveau einpendeln wird.

Hohe Umweltrelevanz

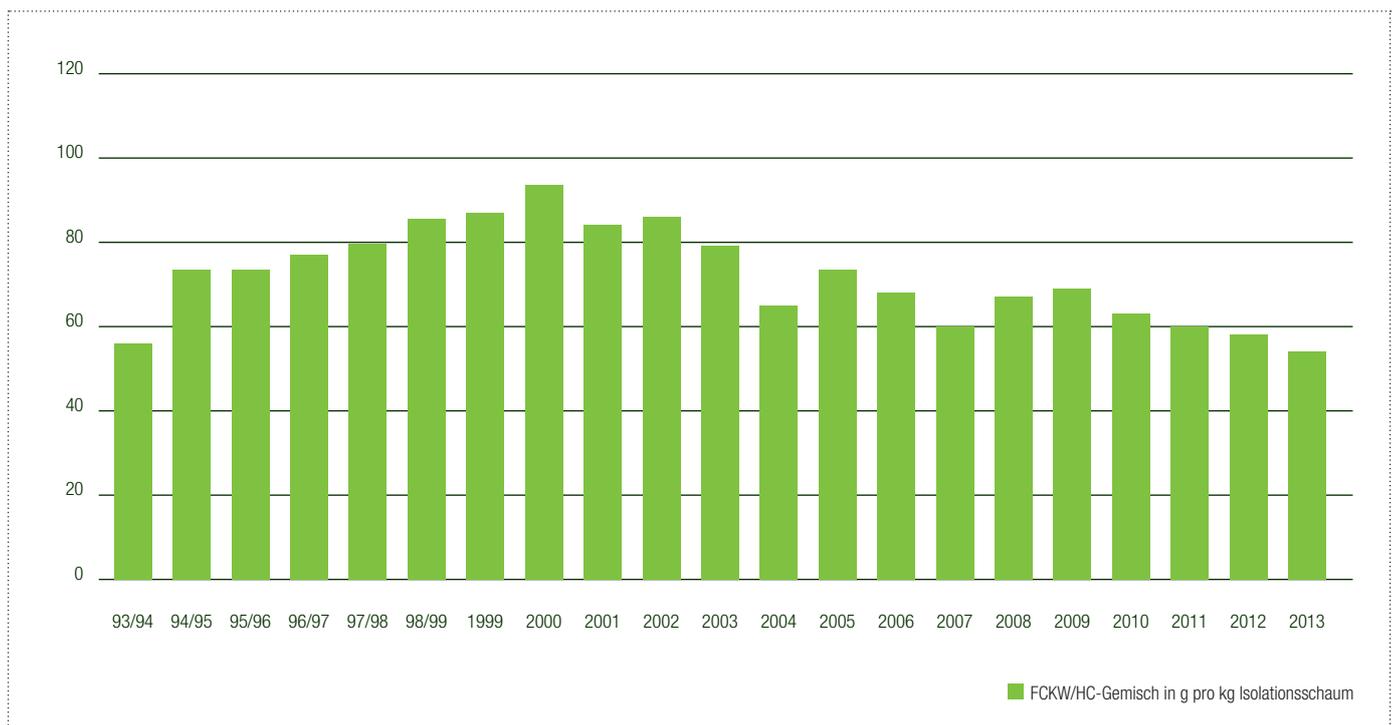
Die verarbeitenden Anlagen gewinnen mit gleicher Effizienz sowohl FCKW (FCKW-11) als auch HC (Cyclopentan) zurück. Punkto potenziellem Ozonschichtabbau ist zwar der Kohlenwasserstoff gänzlich unkritisch, und – gemessen an der potenziellen Treibhausgaseinsparung durch die Rückgewinnung von FCKW-11 – ist der Effekt verschwindend klein. Trotzdem ist die gemeinsame Verarbeitung auf den vorhandenen technisch hochgerüsteten Anlagen (Tieftemperaturkondensation) sinnvoll, um zu garantieren, dass FCKW-Gerätegehäuse – solange ihr Rücklauf noch anhält – umweltgerecht entsorgt werden.

Das Kühlgeräterecycling ist von grosser Bedeutung für den Klimaschutz. Dadurch, dass Kälte- und Treibmittel nicht freigesetzt, sondern kontrolliert zerstört werden (Hochtemperaturverbrennung), bleiben der Atmosphäre Unmengen an Treibhausgasen erspart. So beträgt die Menge des durch die



Rückgewinnung eingesparten Treibhausgases im aktuellen Erhebungsjahr ca. 470'000 Tonnen CO₂-Äquivalente. Eine solche Menge Kohlendioxid entspricht dem Ausstoss moderner Personenwagen auf einer Strecke von insgesamt 3 Milliarden Kilometern.

Abbildung 2: Rückgewonnenes FCKW/HC aus PU-Isolationsschaum (Stufe 2)



Lithiumionen-Batterien und ihre Entsorgung

Die Zahl der in tragbaren Elektronikgeräten eingesetzten Lithiumionen-Batterien ist in den vergangenen Jahren geradezu explodiert. Der Grund dafür ist, dass Lithiumionen-Batterien eine hohe Energiedichte, praktisch keinen Memory-Effekt¹ und kaum Ladungsverluste haben. Die Kehrseite davon ist, dass sowohl in der Nutzungsphase als auch bei der Entsorgung ein Brandrisiko besteht. Im folgenden Beitrag wird aufgezeigt, was unter einer Lithiumionen-Batterie zu verstehen ist, welche Gefahren von Lithiumionen-Batterien ausgehen und welche Auswirkungen dies auf deren Lagerung und Entsorgung hat.

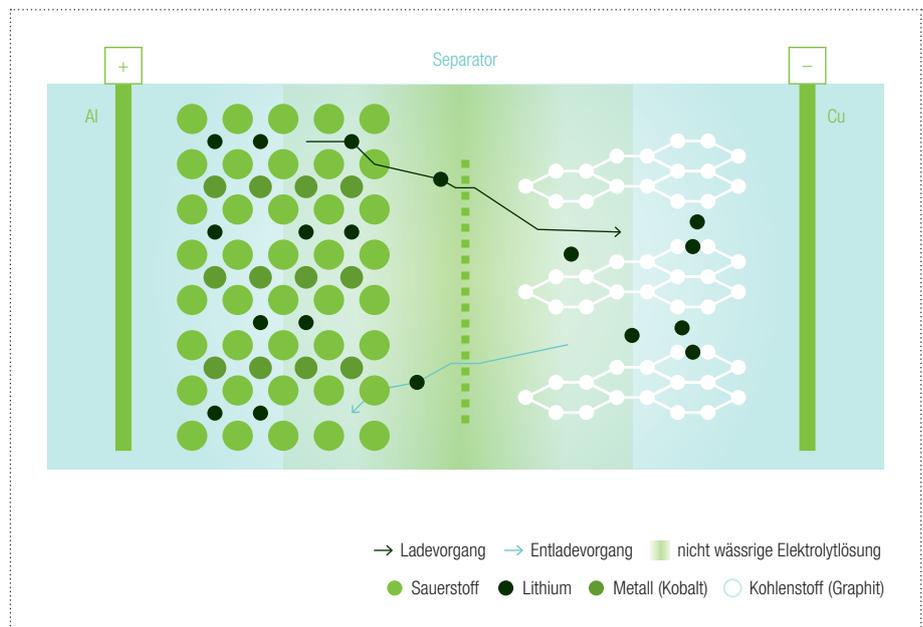
Was ist eine Lithiumionen-Batterie?

Lithiumionen-Batterie bzw. Lithiumionen-Akkumulatur sind die Oberbegriffe für wiederaufladbare Batterien bzw. Akkumulatoren, in welchen Lithiumionen beim Lade- und Entladevorgang zwischen einer Anode und einer Kathode bewegt werden. Bei diesem auch «Rocking Chair» (Schaukelstuhl) genannten System finden keine chemischen Reaktionen statt, das heisst, es entsteht kein hoch reaktives, metallisches Lithium. Der grundsätzliche Aufbau einer solchen Sekundärbatterie ist bei allen etablierten Technologien sehr ähnlich (vgl. Box).

Alle kommerziellen Lithiumionen-Batterien enthalten Graphitanoden. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Batterien bestehen in der Zusammensetzung des Kathodenmaterials. Eisen-Phosphat-Kathoden gelten als sicherste und günstigste Technologie, weisen aber eine niedrigere Energiedichte auf. Nickel- und Kobalt-Kathoden zeigen hohe Energiedichten, sind aber weniger sicher und weniger dauerhaft, während die Eigenschaften von Mangan-Kathoden dazwischenliegen.

Box

Batterien sind elektrochemische Zellen, welche gespeicherte chemische Energie direkt in Elektrizität konvertieren können. Primärbatterien transformieren chemische Energie irreversibel in Elektrizität, bei Sekundärbatterien kann der Prozess umgekehrt werden (Wiederaufladung). Eine Batterie besteht aus mehreren einzelnen Zellen, welche die Basiselemente Anode, Kathode und Elektrolyt beinhalten. Bei der Redoxreaktion in der Batterie werden beim Entladen auf der Kathodenseite Kationen reduziert (Elektronen hinzugefügt) und auf der Anodenseite Anionen oxidiert (Elektronen weggenommen). Beim Ladevorgang wird dieser Prozess umgekehrt. Die Elektroden werden durch einen Separator isoliert, welcher für Ionen aus dem Elektrolyten durchlässig ist.



Schematischer Aufbau einer Lithiumionen-Zelle (positive Elektrode: LiCoO_2 ; negative Elektrode: Li-Graphit)

¹ Als Memory-Effekt wird der Kapazitätsverlust bezeichnet, der bei sehr häufiger Teilentladung eines Akkus bzw. einer Sekundärbatterie auftritt.

Gefahren beim Umgang mit Lithiumionen-Batterien

Immer wieder berichten Medien über Vorfälle mit Lithiumionen-Batterien, sei es bei Handys und Notebooks, elektronischen Zigaretten, Batterien in Elektrofahrzeugen oder gar Flugzeugen. Zu den spektakulärsten Fällen gehörten die Batteriebrände in zwei Flugzeugen des Typs Boeing 787 Dreamliner Anfang 2013, welche zum monatelangen Grounding dieses neuen Flugzeugtyps führten. Obwohl Lithiumionen-Batterien kein hoch reaktives elementares Lithium enthalten, können sie sich entzünden, indem beispielsweise elektrische Kurzschlüsse hohe Temperaturen erzeugen und die brennbaren Teile der Batterie (Elektrolyt, Separator und Gehäuse) in Brand setzen.



Abbildung 1: Brennende Lithiumionen-Batterie

Gemäss Untersuchungen der Prüf- und Sicherheitsfirma Underwriter Laboratories wurden im Verlauf eines Jahres (2012 bis 2013) von der US Consumer Product Safety Commission weltweit 467 Vorfälle mit Lithiumionen-Batterien dokumentiert, wovon 353 Brände waren (zum Vergleich: Die weltweite Produktionsmenge dieses Batterietyps betrug im Jahr 2012 mehr als 4 Milliarden Zellen.).

Als häufigste Ursache für Batterieversagen wird interner Kurzschluss genannt. Solche Kurzschlüsse können sowohl durch mechanische als auch durch thermische Belastung zustande kommen. Besonders bei thermischer Belastung kann es durch das Schmelzen des Separators zu einer schlagartigen Energiefreisetzung kommen. Eine weitere Gefahr geht von exothermen Zersetzungsreaktionen der Zellchemikalien bei Überlastung, insbesondere beim

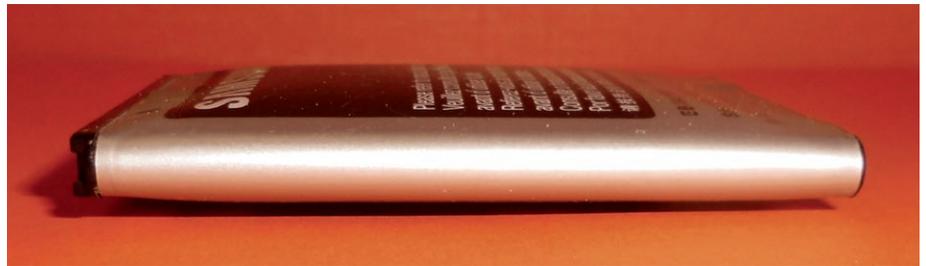


Abbildung 2: Aufgeblähter, defekter Lithiumionen-Akku

Laden, aus.

Die Underwriter Laboratories entwickeln derzeit zusammen mit der NASA und dem Oak Ridge National Laboratory verbesserte Batterietestverfahren, mit speziellem Augenmerk auf interne Kurzschlüsse. Bei den gebräuchlichen Testverfahren, beispielsweise beim sogenannten Nageldurchdringungstest, kann die Gefahr eines lokalen Kurzschlusses wegen kleinräumiger Defekte des Separators, gefolgt von rasch ansteigender Temperatur bis zum möglichen Brand, zu wenig berücksichtigt werden.

In der Schweiz erfasst gegenwärtig keine der im weitesten Sinne für Brände zuständigen oder interessierten Institutionen systematisch Brandfälle, die durch Lithiumionen- oder andere Batterien ausgelöst werden. Am meisten sensibilisiert ist die Batterieentsorgungsorganisation Inobat, die bei der Sammlung und dem Transport von Altbatterien zunehmend Brandschäden feststellt, die mit grosser Wahrscheinlichkeit auf defekte oder verletzte Lithiumionen-Batterien zurückzuführen sind.

Eine weitere Gefahr für Gesundheit und Umwelt stellen die beim Brand einer Lithiumionen-Batterie entstehenden Abgase dar. Da die verwendeten Elektrolyte fluorhaltig sind, kann bei deren Brand neben anderen toxischen Verbindungen auch Fluorwasserstoff (HF) freigesetzt werden. Untersuchungen zur Gesundheitsgefährdung durch Abgase bei Lithiumionen-Batteriebränden kommen zu unterschiedlichen Schlüssen hinsichtlich des Gefährdungspotenzials (Ditch und De Vries, 2013; Ribièrè et al., 2011). Messungen bei einem realen Lagerbrand zeigten jedoch keine erhöhten HF-Werte.

Lagerung und Entsorgung von Lithiumionen-Batterien

Es wird nicht nur über Vorfälle bei der Nutzung von Lithiumionen-Batterien, sondern immer häufiger auch von Brandfällen in der Entsorgungskette berichtet, welche auf den unsachgemässen Umgang mit Elektro- und Elektronikschrott, in dem sich noch Lithiumionen-Batterien befanden, zurückgeführt werden.



Abbildung 3: Brand eines Containers mit Elektro- und Elektronikaltgeräten

Grundsätzlich sind die nachfolgenden Sicherheitsregeln zu beachten:

- Einhaltung aller Vorgaben der jeweiligen Hersteller und Sicherheitsdatenblätter
- Verhinderung äusserer Kurzschlüsse durch Schutz der Batteriepole, zum Beispiel durch Verwendung von Polkappen
- Verhinderung innerer Kurzschlüsse durch Schutz vor mechanischer Beschädigung
- umgehende fachgerechte Entsorgung beschädigter Produkte auch bei geringfügiger Beschädigung
- Vermeidung der Exposition gegenüber dauerhaft erhöhten Temperaturen (zum Beispiel infolge direkter Sonneneinstrahlung)

Zur Vermeidung von Bränden durch Lithiumionen-Batterien muss generell vorsichtiger mit Elektro- und Elektronikaltgeräten umgegangen werden, das heisst:

- keine mechanische Belastung bei der Sammlung der Geräte
- Entladen der Sammelbehälter von Hand ohne Abkippvorgänge
- manuelle Demontage der Geräte mit geeigneten Werkzeugen
- Verpackung der Batterien gemäss ADR-Vorschriften

Für die Entsorgung von Lithiumionen-Batterien, welche bei der Aufbereitung bzw. Zerlegung von Elektro- und Elektronikaltgeräten anfallen, ist in der Schweiz Inobat (www.inobat.ch) zuständig. In ihrer Informationsbroschüre «Tipps für Batteriesammlungen in Verkaufsstellen» weist Inobat darauf hin, dass Lithiumionen-Batterien in der Regel problemlos gemeinsam mit allen anderen Gerätebatterien gelagert werden können. Für das Sammeln und Transportieren von sichtbar beschädigten (aufgeblähten) oder erhitzten Lithiumionen-Batterien wie auch für Lithiumionen-Batterien, die aus dem Modellbau stammen (diese haben meist einen hohen Co-Gehalt und gelten gemäss Inobat als besonders gefährlich), bietet Inobat speziell ausgekleidete Kisten mit feuerfestem Füllmaterial (PyroBubbles®) an, welche einen Brand verhindern können (vgl. Abbildung 2). PyroBubbles® bestehen aus sehr leichten, geschäumten Glas- SiO_2 -Kügelchen mit sehr gutem Rieserverhalten. Damit kann ein offener (Elektro-)Brand zuverlässig eingeschränkt bzw. verhindert werden, indem die schmelzenden Kügelchen den Brandherd luftdicht einschliessen und das Feuer ersticken sowie durch

die gute thermische Isolation benachbarte Teile, zum Beispiel Kabel oder Batteriezellen, vor Überhitzung schützen.

Die von Inobat entgegengenommenen Lithiumionen-Batterien werden derzeit getrennt von anderen Batterien an Batterierecycler weitergeben. Da Lithium noch immer ein vergleichsweise günstiger Rohstoff

ist, fokussieren die Recyclingverfahren für Batterien heute bei der Rückgewinnung vor allem auf Aluminium, Kobalt, Kupfer und Nickel. Allerdings wären einige Verfahren technisch auch in der Lage, Lithium als Lithiumcarbonat (Li_2CO_3) zurückzugewinnen (zum Beispiel die hydrometallurgischen Prozesse von Bat-rec, Recupyl oder Toxco).



Abbildung 4: Brandsichere Kiste von Inobat für sichtbar beschädigte (aufgeblähte) oder erhitzte Lithiumionen-Batterien mit feuerfestem Füllmaterial (PyroBubbles®)

Ab ins Recycling – Aber wann?

Ein Recyclingsystem, das mit einer vorgezogenen Recyclinggebühr betrieben wird, funktioniert ähnlich wie ein Rentensystem im Umlageverfahren. Die Gebühreneinnahmen aus dem Verkauf von Neugeräten werden dafür verwendet, die Kosten der im gleichen Jahr zurückgenommenen Geräte zu decken. Dies ist ganz ähnlich wie bei einem Rentensystem, bei dem junge Beitragszahler für die heutigen Renten aufkommen. Damit die Kosten nicht aus dem Ruder laufen und die Kalkulation aufgeht, sind viele Faktoren zu berücksichtigen. Einer davon ist die Anzahl Jahre, die es dauert, bis ein verkauftes Gerät an einer Sammelstelle des Rücknahmesystems zurückgegeben wird.

Die Fachhochschule Nordwestschweiz hat im Auftrag von Swico die Umlaufdauer bei elektronischen Geräten untersucht. Mit Umlaufdauer ist der Zeitraum zwischen Verkauf und Annahme in einer Sammelstelle des Recyclingsystems gemeint. Zur Datenerhebung wurden Herstellername, Modelltyp

und Annahmedatum von Mobiltelefonen und Notebooks erfasst. Da exakte Verkaufsdaten von Geräten meist nicht mehr festgestellt werden können, wurden die Herstellerdaten zur Feststellung des Produktionsdatums verwendet. Der Zeitraum zwischen Produktionsdatum und Tag der Rückgabe wurde als

Umlaufdauer definiert. Die beteiligten Rückgabestellen waren über die ganze Schweiz verteilt.

Nach acht Jahren kommen viele Geräte zurück

Die festgestellte Umlaufdauer bei Notebooks variiert natürlich, ergibt aber eine Art Glockenkurve. Daraus wurde eine Verteilung ermittelt, aus der sich eine mittlere Umlaufdauer von 8,3 Jahren ergibt. Für Mobiltelefone ergab eine solche Datenanalyse eine Umlaufdauer von 8,1 Jahren (vgl. Abbildung 1 und 2). Da die Erhebungen in zwei zeitversetzten Perioden vorgenommen wurden, konnte auch ein Trend ermittelt werden: Zwischen 2012 und 2013 verringerte sich die Umlaufdauer geringfügig. Ob die Geräte aber auch in Zukunft immer schneller im Recycling landen,

Abbildung 1: Umlaufdauer Mobiltelefone

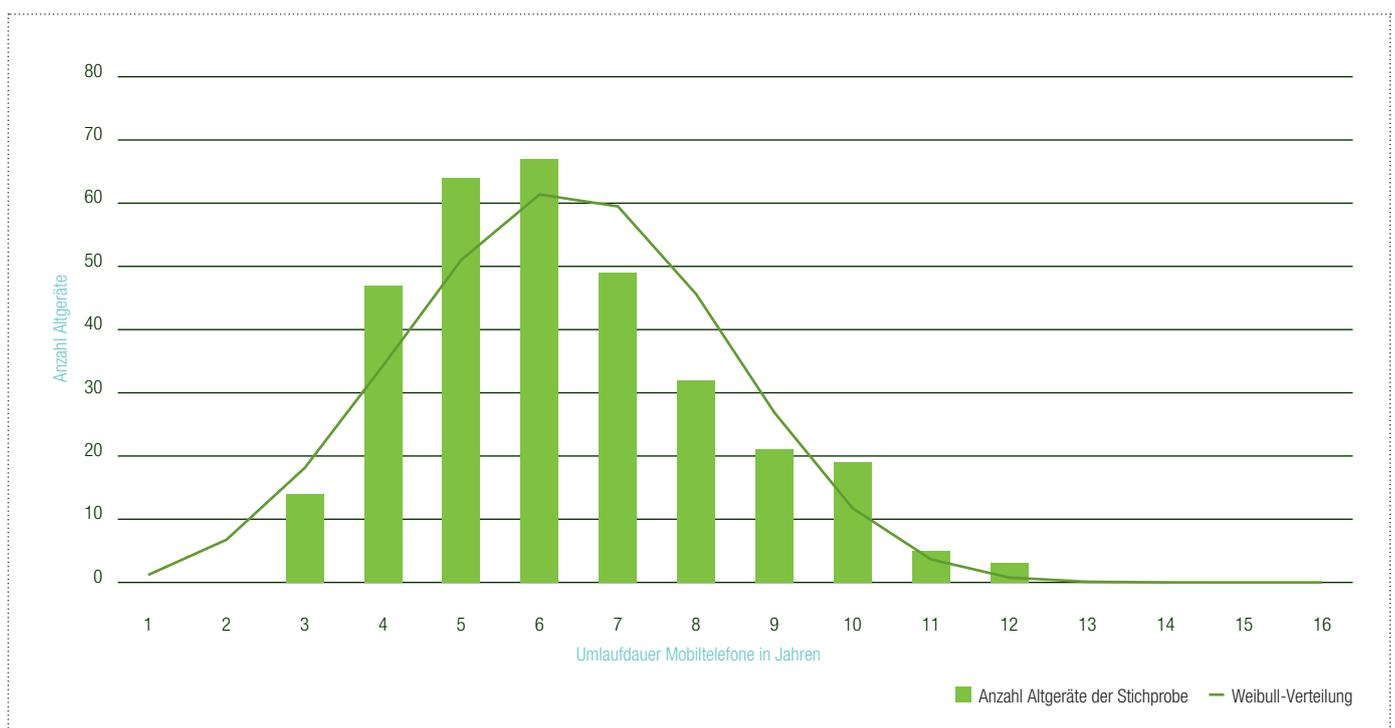
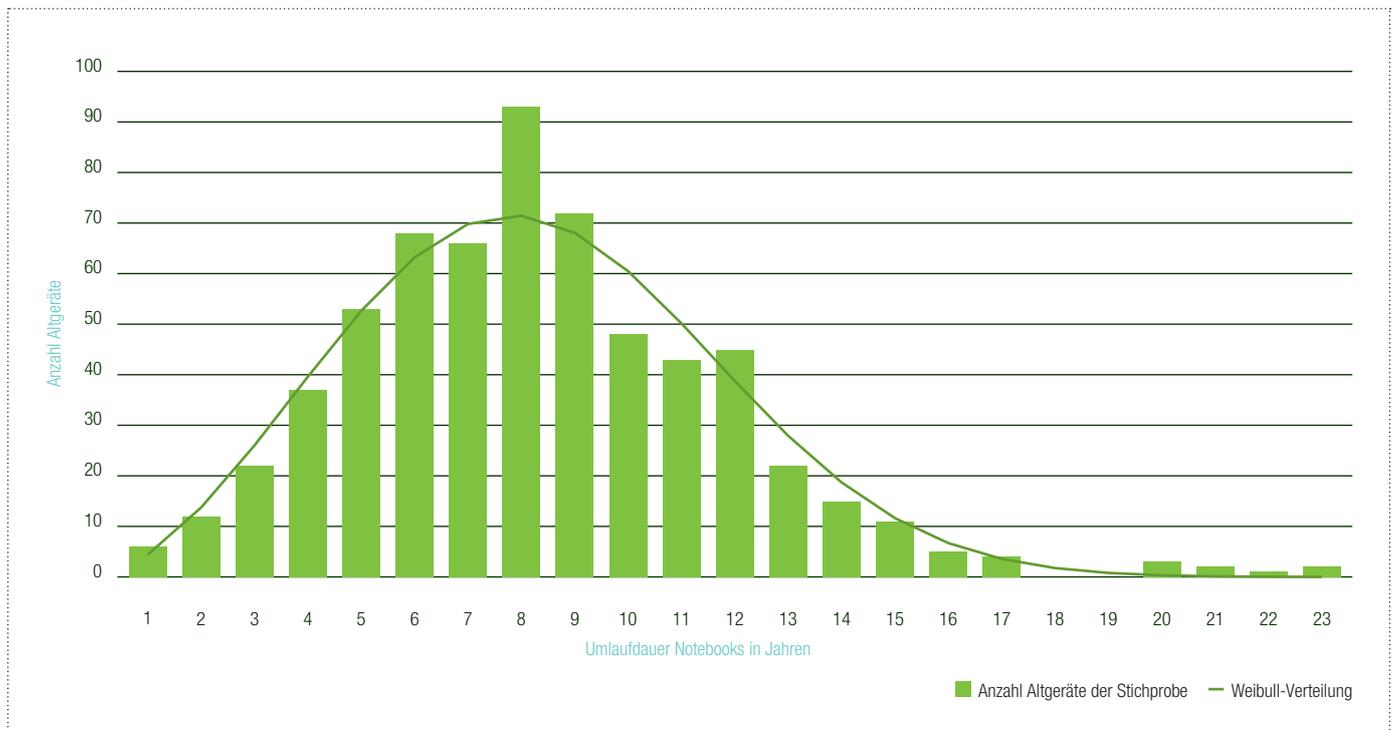


Abbildung 2: Umlaufdauer Notebooks



müsste durch erneute Erhebungen bestätigt werden.

Die Umlaufdauer unterscheidet sich von der Nutzungsdauer, an deren Ende ein noch funktionierendes Gerät durch ein neues ersetzt, jedoch nicht gleich entsorgt wird. Das ausgemusterte Gerät kann zwischengelagert, weiterverkauft oder weitergegeben, als «Ersatzteillager» genutzt oder als Reservegerät aufbewahrt werden. Auch die technische Lebensdauer unterscheidet sich von der Umlaufdauer. Sie ist dann abgelaufen, sobald ein Gerät nicht mehr funktioniert, und kann daher kürzer oder länger sein als die betrachtete Umlaufdauer.

Je grösser das Gerät, desto schneller ins Recycling

Es wurden auch Flachbildschirme und Drucker analysiert. Allerdings ist die Datenbasis zu dünn, um genaue Verteilungen und Veränderungen auszumachen. Die angegebenen Umlaufdauern können als Indiz gewertet werden, dass grössere Geräte schneller entsorgt werden als kleinere. Voluminöse Altgeräte stehen im Weg und finden daher eher rascher den Weg ins Recycling als Geräte, die in einer Schublade Platz haben (typischer Fall: Mobiltelefone).

Fazit

Verglichen mit der allgemein relativ kurzen Nutzungsdauern zum Beispiel von Mobiltelefonen¹, kann eine relativ lange Umlaufdauer von elektronischen Geräten festgestellt werden. Um das Entsorgungsverhalten besser zu verstehen, sollten Umlauf- und Nutzungsdauer verglichen werden.

In jedem Fall ist aber eine gezielte Werbung für die flächendeckende und engmaschige Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten sinnvoll. Vor allem um die Rückgabe von kleineren Geräten sollte noch verstärkt geworben werden.

Swico wird die erhobenen Werte aber auch einsetzen, um die vorgezogenen Recyclinggebühren möglichst präzise auf den zu erwartenden Geräte-rücklauf abzustimmen.

¹ Aufgrund von Markterhebungen unter der Annahme, dass jeder Einwohner in der Schweiz über zwölf Jahre ein Smartphone besitzt, kann berechnet werden, dass diese Smartphones alle 22 Monate ersetzt werden (Quellen: Swico, EITO, 2014).

Vom Sondermüll zur Rohstoffquelle – Ein weiterer Kreislauf wird geschlossen

Die innen am Glas von Energiesparlampen und Fluoreszenzleuchten anhaftende Leuchtschicht macht diese zum Sonderabfall. Die separat gesammelten Lampen, in der Fachsprache als Leuchtmittel bezeichnet, werden in spezialisierten Recyclingbetrieben zerkleinert und in die Bestandteile aufgetrennt. Dabei entsteht unter anderem hochgiftiges Leuchtpulver, das noch bis vor Kurzem in die stillgelegten Salzbergwerke Deutschlands eingelagert werden musste. Heute kann es als Rohstoffquelle für seltene Erden genutzt werden.

Von der Deponie zum hochwertigen Rohstoff

Es ist immer wieder erstaunlich, wie schnell der technische Fortschritt gerade auf dem Gebiet des Abfalls erfolgen kann. Noch vor ein paar Jahren hätte wohl kaum jemand gedacht, dass aus dem hochgiftigen, quecksilberhaltigen Leuchtpulver ein neuer Rohstoff wird. Die Handhabung des Quecksilbers sei zu schwierig und aufwendig, und es lohne sich nicht, das Gemisch von Dutzenden von Elementen und Verbindungen aufzutrennen. Denn die Mengen einzelner

teurer Elemente seien zu gering, argumentierten Abfallfachleute. Nun scheint es doch zu funktionieren. Seit 2012 steht im französischen Vallée de la Chimie südlich von Lyon eine Anlage des Chemiekonzerns Solvay, welche aus ganz Europa Leuchtpulver aus gebrauchten Leuchtmitteln entgegennimmt und dieses aufbereitet (vgl. Abbildung 1) – vorausgesetzt, das Leuchtpulver erfüllt die vom Anlagenbetreiber festgelegten Kriterien bezüglich Zusammensetzung und Reinheit. Je nach Qualität des angelieferten Leuchtpulvers erhalten die Abgeber von Leuchtpulver,

unter anderem Recyclingbetriebe aus der Schweiz, dafür Geld, während sie bis vor Kurzem noch teure Gebühren für die Untertagedeponie bezahlen mussten (vgl. Abbildung 3).

Das Leuchten der seltenen Erden

Das an der Innenseite des Glases haftende Leuchtpulver ist ein Kernelement von Energiesparlampen und Fluoreszenzleuchten. Der Quecksilberdampf im Leuchtmittel wird durch den elektrischen Strom angeregt und sendet UV-Licht aus, welches durch das Leuchtpulver in sichtbares Licht umgewandelt wird. Verantwortlich für diese Umwandlung sind Seltenerdmetalle, eine Gruppe von insgesamt 17 Elementen mit ähnlichen Eigenschaften (vgl. Abbildung 2). Die Auswahl und das Mischungsverhältnis dieser Elemente bzw. ihrer Verbindungen bestimmen Qualität und Farbton des Lichts, wobei eine Vielzahl von Kombinationen möglich ist.

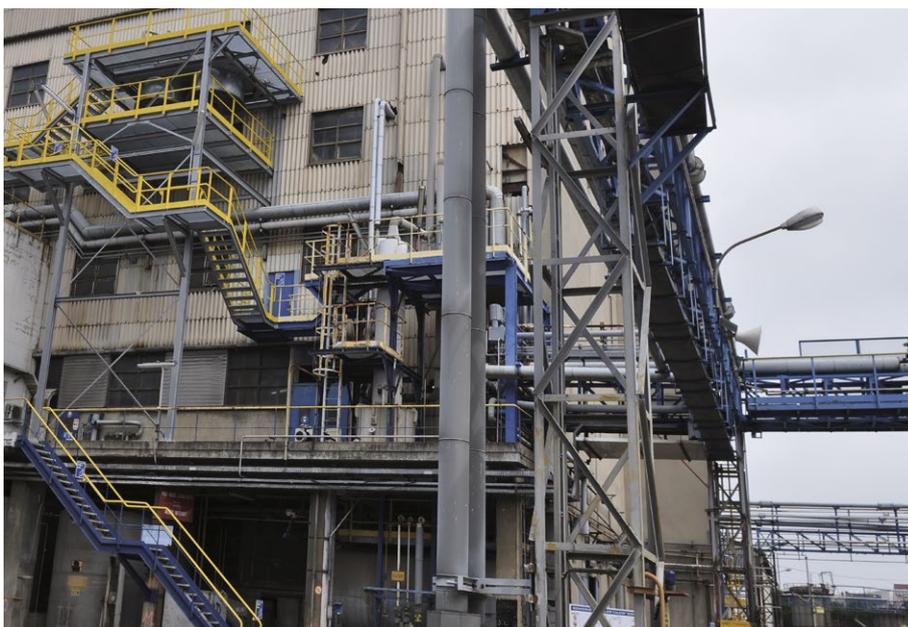


Abbildung 1: Im Vallée de la Chimie südlich von Lyon (Frankreich) steht neben der Vanillinproduktion eine neue Anlage zur Rückgewinnung von seltenen Erden aus dem Leuchtpulver von Energiesparlampen und Fluoreszenzleuchten.

Steiler Aufstieg

Das Interesse an Seltenerdmetallen ist in den letzten Jahrzehnten stark gestiegen. Ausser für die Anwendung als Leuchtstoff in Lampen, Bildschirmen oder Leuchtziffern werden Seltenerdmetalle unter anderem für die Herstellung von Gläsern, Permanentmagneten, Katalysatoren und Legierungen verwendet.¹ Wurden 1980 weltweit noch weniger als 20'000 Tonnen seltene Erden produziert, sind es heute etwa 110'000 Tonnen, wobei China den Markt zu rund 85% beherrschen soll.^{2,3} Entsprechend haben sich die Preise entwickelt. Für die meisten Vertreter der Seltenerdmetalle haben sie sich zwischen 2006 und 2011 mehr als verzehnfacht, nicht zuletzt aufgrund der Verschärfung der Exportrestriktionen durch China. Seither sind die Preise auf den Rohstoffmärkten wieder etwas gesunken. Im Februar 2014 wurden die Kilogrammpreise der wichtigsten Seltenerdmetalle im Leuchtpulver für die Oxidform zwischen 10 und 1'000 Franken notiert.⁴

Abbildung 2: Die 17 Seltenerdmetalle (Scandium, Yttrium und die 15 Lanthanoide)

	a I	a II	b III	b IV	b V	b VI	b VII	b VIII	b VIII	b VIII	b I	b II	a III	a IV	a V	a VI	a VII	a VIII
1	K	H																He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
			Lanthanoide															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		

Herausforderungen sind gross. Das Glas, die Verunreinigungen und andere, noch nicht verwertbare Verbindungen müssen entfernt werden (vgl. Abbildung 4). Die Konzentrationen der Seltenerdelemente im Leuchtpulverabfall sind nicht sehr gross. Das sehr toxische, mobile und nicht verwertbare Quecksilber muss abgeschieden und isoliert werden. Das Quecksilber und die Verwendung starker Säuren machen Abluft- und Abwasserreinigung aus den Prozessen investitions- und unterhaltsintensiv. Am Ende werden die seltenen Erden chemisch aufgetrennt. Das ist deshalb anspruchsvoll, weil die chemischen Eigenschaften der Seltenerdelemente sehr ähnlich sind.

**Quantitativ unbedeutend –
Qualitativ hochwertig**

Auf diese Weise werden auch die Leuchtpulverabfälle aus den Schweizer Recyclingbetrieben aufbereitet. Aus den ca. 1'000 Tonnen der in der Schweiz pro Jahr verarbeiteten Leuchtmittel⁵ entstehen etwa 25 Tonnen Leuchtpulverabfälle, die in Frankreich weiterverarbeitet werden sollen. Gewisse Optimierungen und Umstellungen bei der Leuchtmittelverarbeitung sind allerdings noch vorzunehmen. Am Ende des Prozesses resultiert eine Reihe von Seltenerdmetallen in vergleichsweise kleiner Ausbeute, die eine Reinheit von über 99,9% aufweisen. Dadurch sind sie von Produkten aus der Primärproduktion nicht zu unterscheiden. Die Kehrseite dieses hochwertigen Recyclings ist eine vergleichsweise grosse Menge nicht brennbarer, quecksilberhaltiger Abfälle. Vertreter der Technischen Kommission Swico/SENS haben sich deshalb dieses Jahr vorgenommen, die Situation im französischen Betrieb in Bezug auf Emissionen und Abfallbehandlung zu analysieren, sie zu bewerten und allenfalls Massnahmen zu formulieren. Solche Audits bei Zweit- und Drittabnehmern tragen dazu bei, dass auch das Recycling im Ausland umweltgerecht gestaltet wird.



Abbildung 3: Gebinde mit Leuchtpulver eines deutschen Leuchtmittelrecyclers, bereit für die Untertage-deponie (2010)

Investitionsrisiken

Auch wenn solche Preise Anreize bieten, sind die Risiken erheblich. Zum einen muss in den Anlagebau und das Know-how investiert werden. Hohe Preise sind jedoch letzten Endes immer ein Anreiz für technisch-chemische Substitutionen, was wiederum zum Einbruch auf der Nachfrageseite führen kann. Zum anderen wird die Entwicklung der Preise durch strategische Überlegungen des Hauptproduzentenlandes China, durch Konkurrenzsituationen auf der Rohstoffseite (primär- und sekundärseitig) sowie durch technische Entwicklungen beeinflusst. Umso erfreulicher ist die Initiative des Chemiekonzerns Solvay, die Risiken dieser Investition einzugehen.

Ein Käfer als Symbol

Das Projekt der Solvay Aroma Performance in Lyon wurde unter dem Namen «Coleopt'erre» lanciert und vom Umweltfonds LIFE+ der EU mitfinanziert. «Coléoptère» ist die französische Bezeichnung für Käfer, ein Symbol für einen Organismus, der seinen Lebensraum in der Erde hat. Die chemischen, verarbeitungs- und umwelttechnischen



Abbildung 4: Leuchtpulverabfall aus Gasentladungslampen: ein Gemisch aus Glas, Quecksilber, seltenen Erden und Verunreinigungen

¹ D. Schöler, M. Buchert, R. Liu, S. Ditttrich und C. Merz, «Study on Rare Earths and Their Recycling», Darmstadt: Öko-Institut e. V., 2011.
² A. V. Naumov, «Review of the World Market of Rare-Earth Metals», published in Izvestiya VUZ, Tsvetnaya Metallurgiya, No.1, pp. 22–31, 2008.
³ U.S. Geological Survey, «Mineral Commodity Summaries 2013», U.S. Department of the Interior, 2013.
⁴ www.metal-pages.com, eingesehen am 21.02.2014.
⁵ Vgl. Artikel «Mengen 2013» in diesem Fachbericht.

Photovoltaikrecycling wird genormt

PV-Module können auch im defekten Zustand noch Strom produzieren. Die einzelnen PV-Module sind aber ungefährlich. Trotzdem müssen auch defekte PV-Module mit grosser Vorsicht behandelt werden. Denn die Gefahr von Schnittverletzungen ist hoch. Daher müssen die Prozesse für Lagerung und Transport robust und sicher gestaltet sein, damit sowohl die defekten PV-Module als auch die Alt-PV-Module keinen Schaden anrichten können.

Die Solarbranche boomt – das wurde schon im Fachbericht 2013 beschrieben. Nun kommen nach etwa 15 Jahren Einsatzdauer langsam und zaghaft die ersten Photovoltaikmodule (PV-Module) zurück. Es ist also Zeit, die Recyclingprozesse festzulegen und aufzusetzen.

Die EU hat entschieden, PV-Module unter den Geltungsbereich der WEEE-Direktive 2012/19/EU zu stellen. Photovoltaikmodule unterscheiden sich aber signifikant von den anderen WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)-Kategorien. Deshalb müssen die PV-Module über einen speziellen Kanal gesammelt werden und dürfen nicht mit dem restlichen WEEE-Material vermischt werden.

Unter CENELEC TC111X WG6 wurde eine technische Fachgruppe zusammengestellt, die das Recycling der neuen WEEE-Kategorie für die Photovoltaikmodule festlegt. Mit der CENELEC-Norm EN 50625-2-4 wurden die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen. Nachfolgend werden die wichtigsten Punkte aus dieser Norm dargelegt.

Genereller Umgang mit PV-Modulen

Aus Sicherheitsgründen ist das Vorbrechen (Pre-Crushing) oder Verdichten von PV-Modulen für einen optimierten Transport grundsätzlich nicht erlaubt. PV-Module können auch im defekten Zustand noch Strom produzieren. Deshalb müssen auch defekte PV-Module mit grosser Vorsicht behandelt werden. Die Prozesse für Lagerung und Transport müssen robust und sicher gestaltet sein, damit sowohl die defekten PV-Module als auch die Alt-PV-Module keinen Schaden anrichten können.

Technische Anforderungen beim Recycling in Kürze

In einem ersten, manuellen Bearbeitungsschritt werden die PV-Module von Kabeln und allen metallischen Teilen wie zum Beispiel Rahmen oder Gestellen befreit.

Spätestens vor dem maschinellen Recycling müssen die PV-Module identifiziert und aussortiert werden. Grundsätzlich werden zwei Technologien unterschieden, die im Recyclingprozess auch unterschiedlich behandelt werden müssen:

- kristalline Siliziummodule
- Dünnschichtmodule

Bei den kristallinen Siliziummodulen wird zwar noch zwischen monokristallin und multikristallin unterschieden, aber diese Unterscheidung ist für das Recycling nicht von Bedeutung.

Kristalline Silizium-PV-Module sind unkritisch und werden beim Recycling wie Flachglas behandelt. Sie werden geschreddert, und das Glas wird von Metallen, Kunststoffen und Keramikbestandteilen getrennt.

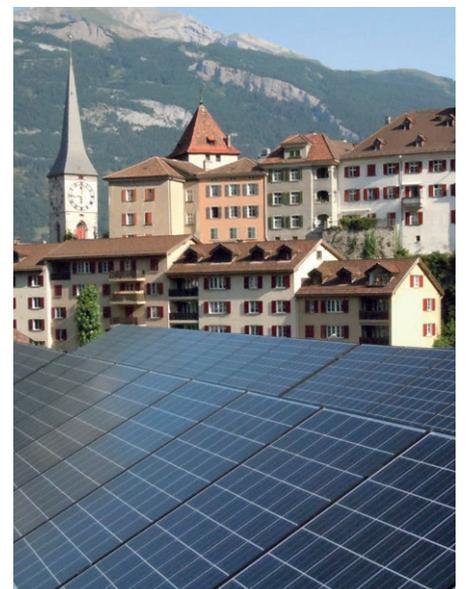
Dünnschicht-PV-Module hingegen können potenziell Cadmiumtellurid und Blei enthalten und stellen eine grosse Umweltgefährdung dar. Aus diesem Grund sieht die Norm spezielle Grenzwerte für das recycelte Glas bezüglich Cadmium und Blei vor. Den Grenzwerten wie auch dem Handling dieser umweltgefährdenden Stoffe wird besonders grosse Beachtung geschenkt.

Beim Recycling von Glas ist generell Vorsicht geboten

Generell ist während des Recyclingprozesses darauf zu achten, dass eine möglichst geringe Staubemission entsteht, denn Glasstaub gefährdet die Gesundheit der Mitarbeitenden. Grenzwerte sind zwar noch nicht festgelegt, aber sie sind in Bearbeitung. Wenn zur Staubreduktion Wasser verwendet wird, muss gemäss Norm das Wasser in einem geschlossenen Kreislauf aufbereitet werden. Weiter müssen Recyclingakteure zur Sicherheit der Mitarbeitenden ein Monitoring der Staubemissionen einführen.

Aufbereitung von PV-Modulen wäre wünschenswert

Die Richtlinie gibt auch vor, dass ein Wiederaufbereiten der PV-Module wünschenswert wäre. Diese Anforderung ist aber aktuell noch nicht umsetzbar, weil sich die Prozessentwicklung noch mitten im Forschungsstadium befindet und der Prozess industriell noch nicht angewendet werden kann. An ein Wiederaufbereiten von PV-Modulen ist zum heutigen Zeitpunkt daher noch nicht zu denken.



Wie die Suche nach Schadstoffen die Qualität des Recyclings von E+E-Schrott hoch hält

Beim Recycling von E+E-Schrott gehört die Vermeidung der Freisetzung von Schadstoffen zu den wichtigsten ökologischen Kriterien. Nur, wie stellt man sicher, dass sich die Vertragspartner an die entsprechenden Vorschriften halten und die Schadstoffe auch wirklich aus dem Recyclingkreislauf ausscheiden? Die Technische Kontrollstelle von Swico, SENS und SLRS hat im Laufe der Jahre ein Instrumentarium aus Kennzahlen, chemischen Analysen und Batchversuchen entwickelt und optimiert, welches genau dies auf mehreren Ebenen prüft und so die Qualität des Recyclings auf einem sehr hohen Niveau hält.

Seit Beginn der Tätigkeit der Technischen Kontrollstelle von Swico, SENS und SLRS besteht eine der wichtigsten Aufgaben darin, zu überprüfen, dass bei der Recyclingtätigkeit der Recyclingbetriebe keine Schadstoffe in die Umwelt gelangen. Die Schadstoffe dürfen also weder direkt freigesetzt noch auf verwertbare Fraktionen weiterverteilt werden. Die Verarbeitungsprozesse müssen so ausgelegt sein, dass eine vollständige Entfernung der Schadstoffe jederzeit gewährleistet ist.

Die Pflicht zur Entfrachtung von schadstoffhaltigen Komponenten ist eine wichtige vorbeugende Massnahme. Batterien und Kondensatoren ab einer gewissen Grösse müssen entfernt werden, damit sie durch die weitere Bearbeitung nicht beschädigt werden, keine Schadstoffe austreten und somit keine Wertstofffraktionen kontaminiert werden. Eine grosse Herausforderung für die Technische Kontrollstelle besteht darin, sich beim jährlich stattfindenden Audit davon zu überzeugen, dass die Schadstoffentfrachtung gemäss den Vorgaben durchgeführt wurde.

Ein wichtiger Indikator hierfür sind die Kennzahlen für entfernte Kondensatoren und Batterien, welche pro Batchversuch festgelegt und über die Jahreszahlen des Recyclingbetriebs berechnet werden. Es gibt grosse Unterschiede bei der Anzahl der Kondensatoren und Batterien pro Geräteart. Die Kennzahlen sind ohne detaillierte Kenntnis des verarbeiteten Gerätemixes sehr schwierig zu interpretieren. Um bei der Kontrolle weniger auf solche Interpretationen angewiesen zu sein, müssen die Betriebe eine detaillierte Dokumentation führen, welche Auskunft über

die Menge entfernter Kondensatoren im Verhältnis zu den verarbeiteten Geräten gibt. Dies erlaubt eine besser aufgelöste Kontrolle der Qualität der Schadstoffentfrachtung, welche insbesondere auch nützlich ist, wenn bei Stichprobenkontrollen von entfrachteten Geräten Hinweise auf Qualitätsmängel gefunden werden (zum Beispiel nicht entfernte Kondensatoren).

Unabhängig davon wird bei der mechanischen Verarbeitung die Qualität der produzierten Fraktionen mit einer chemischen Analyse auf die wichtigsten Schadstoffe überprüft. Für die repräsentative Jahresprobe wird die feinste Fraktion aus dem Prozess gezogen. Die feinste Fraktion wird deshalb gewählt, weil sie die grösste Oberfläche hat und so in dieser Fraktion die höchste Konzentration an Schadstoffen resultiert. Denn die Schadstoffe bleiben im Fall von polychlorierten Biphenylen (PCB) als öliger Film oder auch als feiner Staub bei festen Schadstoffen an der Oberfläche haften.

Für die Interpretation der Resultate gelten folgende Richtwerte:

- Cadmium (Cd): 100mg/kg (0,1%)
- PCB: 50mg/kg¹
- Kupfer (Cu): 10'000mg/kg (1,0%)

Wenn die Richtwerte für einen oder mehrere Schadstoffe überschritten sind, müssen geeignete Massnahmen getroffen werden, um die Richtwerte zu erreichen. Der Kupferrichtwert hat insofern einen besonderen Status, als er auch ein Indikator dafür ist,

wie vollständig das Kupfer als Wertstoff separiert wird und ob es wieder in den Stoffkreislauf eingebracht werden kann. Der Gehalt an Cadmium in der analysierten Fraktion ist ein Indikator für den Anteil der entfrachteten Batterien, der Gehalt an PCB ein Indikator für den Anteil der entfrachteten Kondensatoren.

Zusätzlich werden auch Analysen bei den zweijährlich stattfindenden Batchversuchen durchgeführt. Die Kontrollexperten begleiten die Batchversuche sehr eng. Es wird eine erweiterte chemische Analyse durchgeführt, bei welcher neben Cadmium, PCB und Kupfer auch toxische Schwermetalle, namentlich Quecksilber, Blei und Zink, analysiert werden. Der Elektro- und Elektronikgerätemarkt ist jedoch sehr schnelllebig. Schon länger bekannte Schadstoffe wie etwa Cadmium, PCB und Quecksilber werden für immer mehr Anwendungen verboten oder eingeschränkt. Daher kommen Ersatzstoffe auf den Markt. Oft sind solche Ersatzstoffe jedoch nicht frei von negativen Umweltauswirkungen, nur waren diese bei der Einführung nicht bekannt oder wurden unterschätzt. Das Augenmerk muss daher immer auch auf neu auftauchende Schadstoffe gelegt werden. Dieser Erfahrungsaustausch wird zum einen in der Technische Kontrollstelle von Swico, SENS und SLRS geführt, zum anderen aber auch in der direkten Diskussion mit den Recyclern, vornehmlich während der Batchversuche. Dabei werden die Fraktionen auch auf neue Schadstoffe untersucht und, falls sinnvoll, in das Messprogramm integriert.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich dieses von der Technischen Kontrollstelle über die Jahre entwickelte und optimierte Kontrollverfahren als eine wichtige Massnahme zur Sicherstellung der Qualität beim Recycling von E+E-Schrott bewährt hat.

¹ Es werden die sechs Referenz-PCB-Kongeneren nach DIN 51 527, Teil 1, bestimmt und gemäss LAGA gewichtet.

Entsorgung von Bildschirmglas

Die Massenanwendung der Bildschirmröhre ist weltweit endgültig vorbei (OECD-Länder) oder stark rückläufig (Entwicklungsländer). Überraschenderweise stieg der Rücklauf von Altgeräten in der Schweiz noch weit länger an, als aufgrund von Modellrechnungen erwartet wurde, und erreichte gemäss ersten Rückmeldungen der Recycler erst 2012 den Höhepunkt von ca. 12'000 Tonnen Bildschirmglas pro Jahr. Diese Menge stimmt zwar mit den erwarteten Spitzenrückflüssen gut überein, wurde jedoch etwa sieben Jahre später erreicht als vorhergesehen.

Die Produktion von Röhrenbildschirmen (englisch: cathode ray tubes, CRT) ist in den meisten Ländern eingestellt worden (zum Beispiel www.crtsite.com → CRTs → Prototypes → PREV), und die wenigen noch verbliebenen Produktionsstätten arbeiten in aufstrebenden Staaten wie Indien, China und Malaysia – aber auch dort sind deren Tage gezählt. Die neuere Technologie der Flachbildschirme (englisch: flat panel display, FPD) dominiert den Weltmarkt völlig. Verschiedene Technologien zur Erzeugung der Leuchtpunkte auf dem Bildschirm sind im Einsatz, wobei zurzeit die Flüssigkristallanzeige (englisch: liquid crystal display, LCD) mit zwei unterschiedlichen Hintergrundleuchtmitteln dominiert: Leuchtstofflampen (CCFL) und Leuchtdioden (LED). Diese LCD-Bildschirme haben CRTs in PC-Monitoren und Fernsehgeräten fast vollständig verdrängt. Die Schweizer Konsumenten haben diesen Übergang ziemlich früh vollzogen, und bereits vor 15 bzw. 10 Jahren brachen die Röhrenbildschirmverkäufe von PC-Monitoren bzw. TV-Geräten ein (vgl. Abbildung 1) – nach 2007 war diese Technologie aus dem Verkaufssortiment gänzlich verschwunden. Neuere Technologien, zum Beispiel organische LED (OLED), sind jedoch bereits im Vormarsch und werden in absehbarer Zeit die LCDs verdrängen (vgl. Abbildung 2).

Der Verlauf der Rücklaufmengen von CRT-Bildschirmen in der Schweiz wurde seit 2007 mit Modellrechnungen abgeschätzt (Sinha). Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf verschiedener Bildschirmglas-mengen: Sie verdeutlicht einerseits das CRT-Glaslager der Schweiz (CRT stock), das um das Jahr 2000

sein Maximum von ca. 100'000 Tonnen erreichte, andererseits die jährlichen Glasflüsse durch den Verkauf (CRT in), den modellierten Rücklauf (CRT out) und den tatsächlichen Rücklauf (Swico Recycling) über das Swico-Rücknahmesystem. Es zeichnet sich ab, dass für 2013 der Rücklauf mit minus 17% gegenüber dem Vorjahr einzubrechen beginnt. Es fällt auf, dass der modellierte Spitzenwert mit ca. 12'000 Tonnen gut mit dem tatsächlichen Rücklauf übereinstimmt. Mit der angenommenen Lebensdauer von zehn Jahren für TV-Geräte und sieben Jahren für PC-Monitore wurde der modellierte Zeitpunkt des Spitzenrücklaufs jedoch um wenigstens sieben Jahre verpasst.

Bis vor Kurzem war das Recycling von CRT-Glas auf die Herstellung von neuen Röhrenbildschirmen ausgerichtet. Der Zusammenbruch des CRT-Marktes und die gleichzeitig steigenden Mengen von Sekundärbildschirmglas verlangen nach neuen Entsorgungswegen. Die Nachfrage nach unverbleitem CRT-Glas wird mittlerweile durch seine Verwendung in der Hohlglasproduktion (Flaschenindustrie) aufrechterhalten.

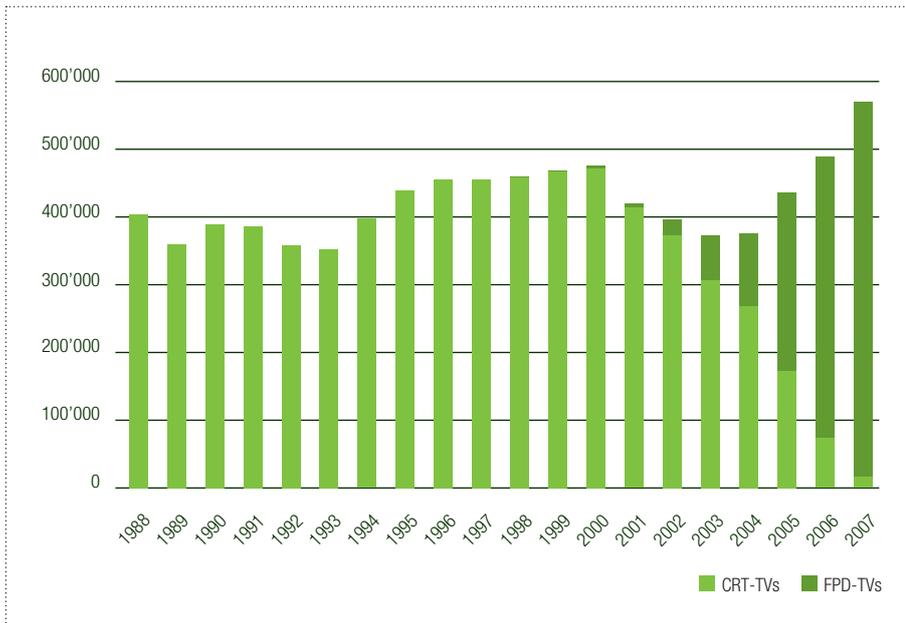
Die EU-Verpackungsrichtlinie legt den Grenzwert des kumulierten Schwermetallgehalts für Pb, Cd, Hg und Cr VI bei 100ppm fest. Für Behälterglas gilt zurzeit ein unbefristeter Ausnahmegrenzwert von 250ppm (wobei ab 200ppm eine Meldepflicht besteht), da vor allem erhöhte Blei-, aber auch andere Schwermetallkonzentrationen bereits im Altglasrücklauf enthalten sind. Es ist daher verständlich, dass die Industrie und der Staat anfänglich Bildröhrenglas für eine Verwertung zu Flaschenglas ablehnten, um

einen weiteren Bleieintrag zu vermeiden. Mittlerweile konnte aber gezeigt werden, dass einerseits das darin vorhandene Blei nur unwesentlich aus CRTs stammen kann und andererseits die Sortiertechniken stark verbessert worden sind, sodass die Bleigrenzwerte eingehalten werden können. Der grösste Teil der bleifreien Glasfraktion aus den nach Deutschland gelieferten CRTs (vgl. Abbildung 5) wurde bereits 2013 zur Flaschenherstellung verwendet. Damit ist für das meiste Bildschirmglas – diese Fraktion macht knapp zwei Drittel der Gesamtmasse aus – eine gute Lösung gefunden worden.

Die Verwertungsmöglichkeiten des verbleiten Bildschirmglases sind zurzeit noch weniger klar. Gegenwärtig nutzen die belieferten Zweitabnehmer im Wesentlichen drei Strategien: 1) Anlegen eines Zwischenlagers, 2) Verbauen in Deponien als Ersatzbaustoff und 3) Ersetzen von Silica in Blei- oder Kupferhütten als Schlackenbildner. Ob die dritte Anwendung eine Abtrennung des Bleis vom Glas erlaubt, ist noch umstritten, da zur Reduktion des Bleioxids mindestens 1'200 bis 1'300 °C erreicht werden müssten, was nicht immer der Fall ist. Damit würde Blei über die Schlacke entsorgt und nicht verwertet. Der jährliche Bedarf an Silica ist auf wenige Tausend Tonnen beschränkt, wodurch Zwischenlager nötig würden, um das anfallende Bleiglas für eine gewisse Zeit zu horten. Trotzdem scheinen diese drei Anwendungen im Zusammenspiel einen gangbaren Weg für die Entsorgung des Bleiglasrestlagers darzustellen.

Der Export von Alt-CRTs in Entwicklungsländer, selbst für einen Einsatz in der CRT-Produktion, ist zunehmend umstritten, da die Exportländer damit die Kontrolle über das endgültige Schicksal des Bleiglasses verlieren – es wird ja nie mehr als Bildschirm ins Exportland zurückkehren. Es ist wahrscheinlich, dass die CRT-Lager in den Entwicklungsländern länger bestehen bleiben werden als jene in den reicheren Ländern, weil billige Occasions-CRT-Bildschirme aus OECD-Ländern in grossen Mengen importiert werden und aufgrund fachgerechter Reparatur und der

Verkauf von TV-Geräten in der Schweiz



Verkauf von PC-Monitoren in der Schweiz

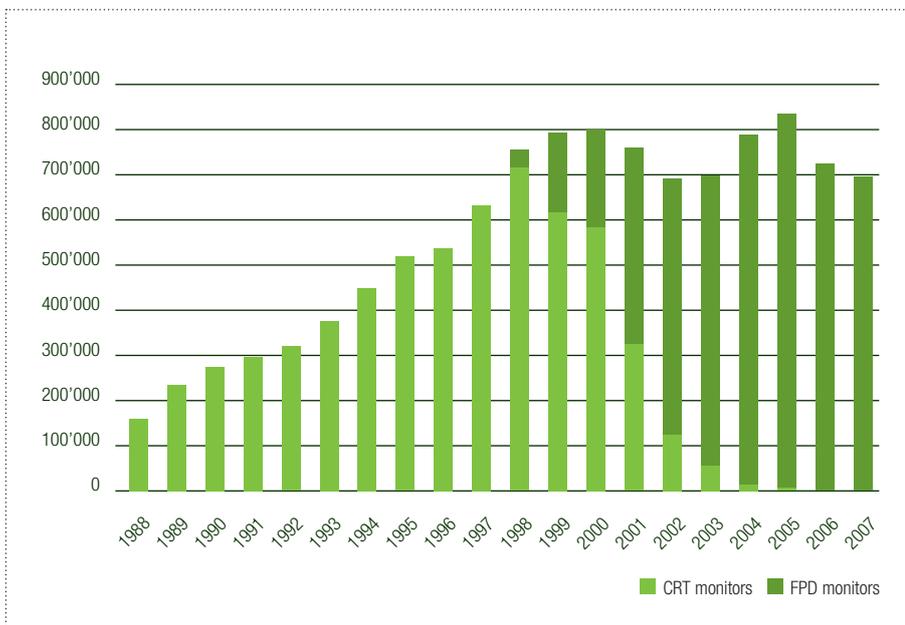


Abbildung 1: Die Grafiken zeigen die rasche Ablösung der CRT- durch die LCD-Technologie für PC-Monitore und TV-Geräte in der Schweiz (Sinha).

Instandhaltung durch qualifizierte Servicefachkräfte eine längere Lebensdauer haben. Dennoch werden CRT-Bildschirme auch in Entwicklungsländern bald aus den Verkaufsregalen verschwinden, was angesichts der dort fehlenden Recyclinginfrastrukturen beunruhigt. So ist es durchaus möglich, dass ein erheblicher Teil des Altbildschirmglases auf mehr oder weniger wilden Deponien der Entwicklungsländer enden wird, in denen das Recycling aufgrund der Freisetzung von gefährlichen Stoffen wie Blei ein Umweltrisiko darstellt.

Vor diesem Hintergrund, vor allem nach dem Höhepunkt der schweizerischen Rückflüsse und angesichts der sich rasch verändernden globalen Bildröhrenglasströme, stellen sich für Swico als verantwortlichen Systembetreiber verschiedene Fragen:

- Wie ist der weitere Mengenverlauf der Altbildröhrengeräte in der Schweiz?
- Welches sind die absehbaren und akzeptablen Verarbeitungstechnologien und Verwendungszwecke des Bildröhrenglases? Und daraus folgend: Sind die geltenden technischen Vorschriften noch zeitgemäss?

Aktuelle technische Vorschriften, Richtlinie 2: IKT- und UE-Geräte

- Bildröhren müssen vor einer manuellen oder maschinellen Verarbeitung aufgrund der Implosionsgefahr belüftet werden. Die Freisetzung gesundheits- und umweltschädigender Schadstoffe, insbesondere von Leuchtstoffen, ist beim Belüften, Aufbrechen und Zerkleinern sowie beim Handling und Transport der offenen Bildröhren bzw. von Scherben jederzeit zu verhindern. Dabei müssen die geltenden Umwelt- und Arbeitssicherheitsvorschriften eingehalten werden.
- Bildschirmglas (Front-, Konus- oder Mischglas) muss stofflich verwertet werden, zum Beispiel zur Bildröhrenherstellung, zur Spezialglasherstellung, in der Keramikindustrie, in Metallhütten oder in weiteren geeigneten Verwertungsprozessen. Dabei dürfen Schadstoffe wie zum Beispiel Blei nicht in Anwendungen gelangen, in denen sie technisch nicht notwendig sind. Die Kontrollorgane sind über den Verwertungsweg zu informieren.

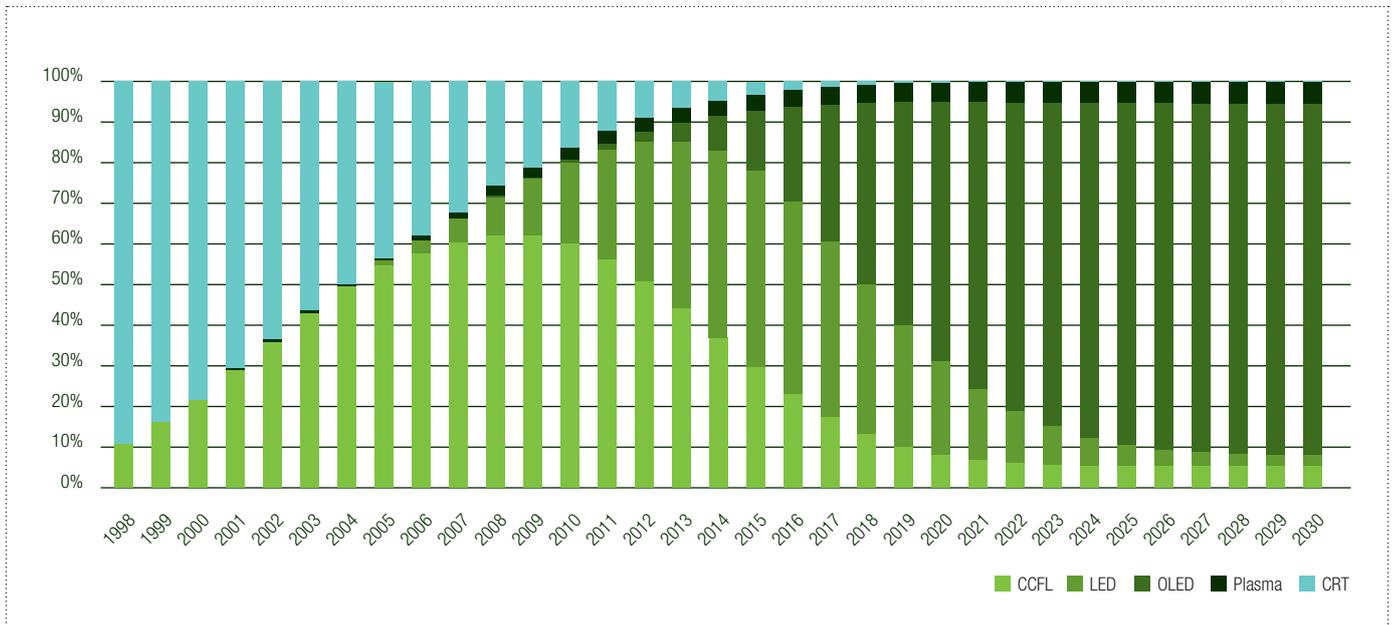


Abbildung 2: Projektion der Aufteilung der absehbaren Bildschirmtechnologien (1998 bis 2030)

CRT-Bestand und -Flüsse in der Schweiz

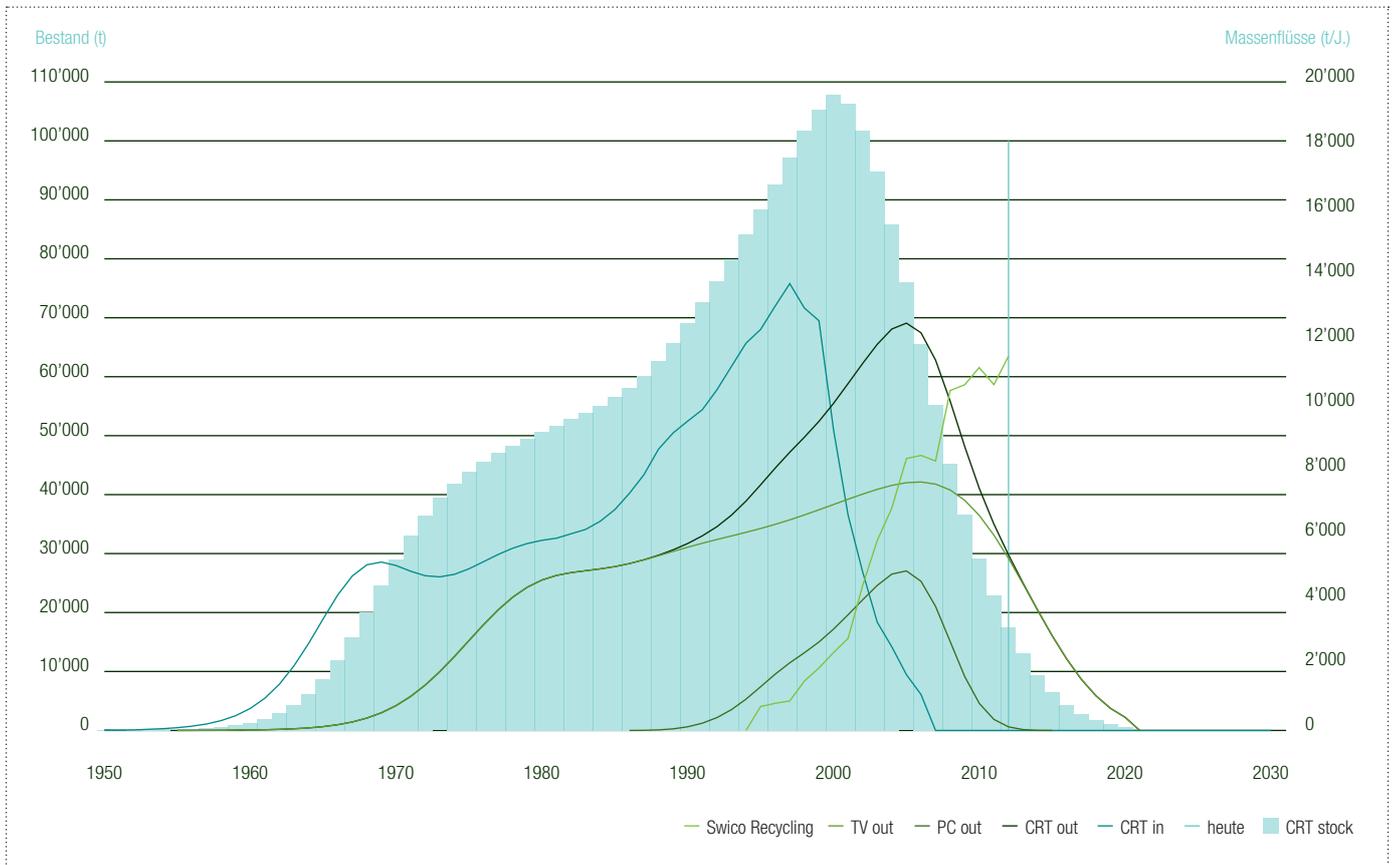


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf verschiedener Bildschirmglasmengen (in Tonnen bzw. Tonnen pro Jahr), Legende: CRT stock = Bildschirmglaslager der Schweiz, CRT in = Bildschirmglas in den jährlichen Geräteverkäufen, CRT out = modellierter Glasrücklauf, Swico Recycling = tatsächlicher Rücklauf, heute = 2012

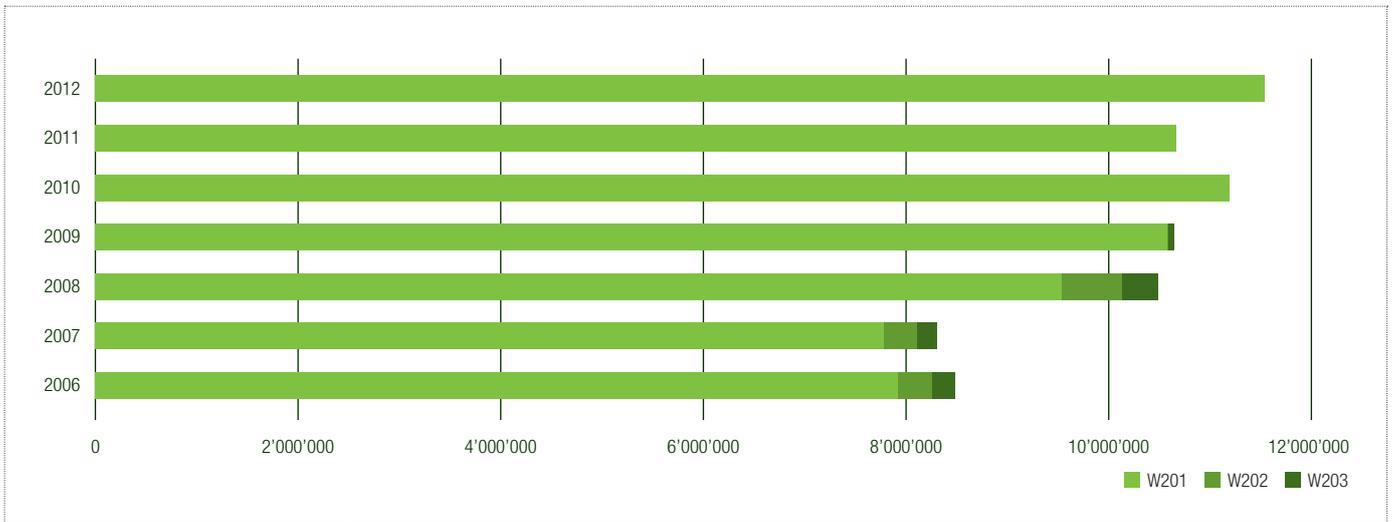


Abbildung 4: Die Grafik zeigt die Entwicklung und Zusammensetzung der jährlichen Swico-Rücklaufmengen in Kilogramm – bis vor wenigen Jahren wurden CRT-Scherben zum Teil noch nach Glastyp sortiert (W201 = ganze Bildröhren (mit / ohne Hals), W202 = Bildröhren Frontglas, W203 = Bildröhren Konusglas), Quellen: Swico-Stofffluss, Empa.

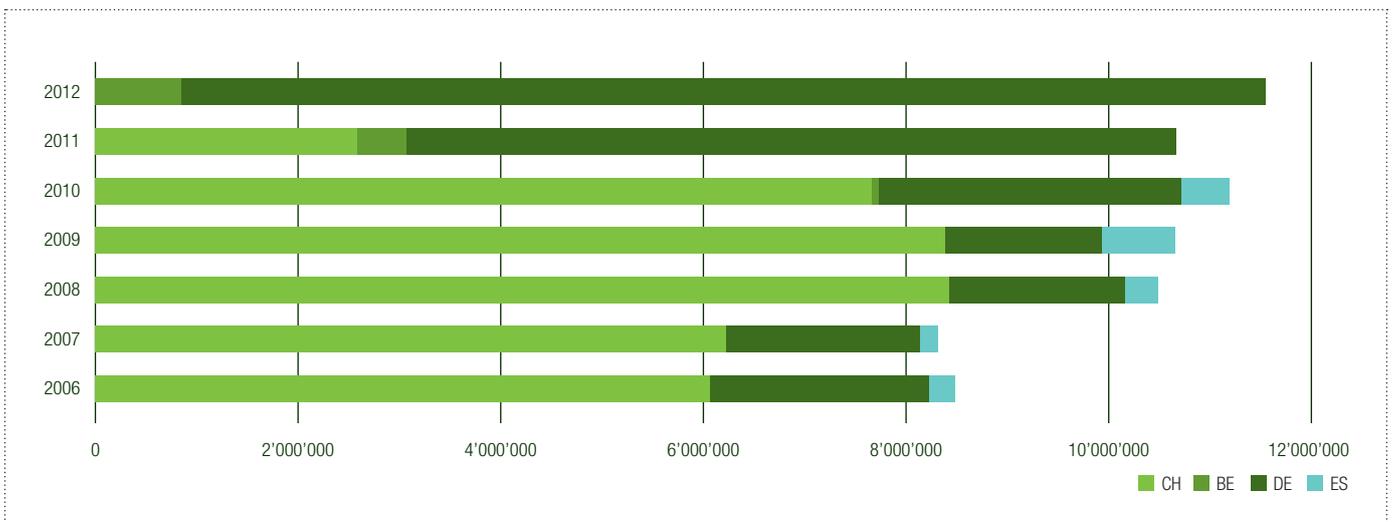


Abbildung 5: Die Grafik zeigt in Kilogramm die Aufteilung der jährlichen Swico-Rücklaufmengen auf die Abnehmerländer. Bis 2010 war SwissGlas der mit Abstand grösste Zweitabnehmer und Aufbereiter für schweizerisches Bildschirmglas; mittlerweile geht der grösste Teil des Glases zur Aufbereitung nach Deutschland.

Um diese Fragen fundiert zu diskutieren, hat Swico der Empa einen Auftrag erteilt, mit dem Ziel, bezüglich des Recyclings von Bildröhrengeräten Entscheidungshilfen sowie Empfehlungen für Änderungen der technischen Vorschriften zu erhalten. Das Projekt umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Prognose für die Mengenverläufe von Bildschirmgeräten in der Schweiz für die Jahre 2014 bis 2020; dazu soll das bestehende Modell so korrigiert werden, dass es das letzte Jahrzehnt gut wiedergibt
- Zusammenstellung der bestehenden und aufkommenden Verarbeitungstechnologien für Bildröhren

und der Verwendungszwecke des Bildröhrenglases

- Diskussion der Ergebnisse der ersten beiden Arbeitsschritte; dabei sollen die Bildröhrengeräte in den generellen Kontext von Bildschirmgeräten, das heisst die Nachfolgetechnologien der Flachbildschirme (wie Plasma, LCD und OLED), eingebettet bleiben

Die Arbeiten haben im Februar 2014 begonnen und sollen im Laufe des Jahres 2014 abgeschlossen werden.

Sind Altkabel in der Entsorgung unproblematisch?

Im Jahr 2012 wurden bei den Recyclingbetrieben von Swico und SENS rund 3'100 Tonnen Altkabel innerhalb oder ausserhalb des Swico-/SENS-Systems verarbeitet, davon ca. ein Drittel im benachbarten Ausland. Hinzuzurechnen ist die Menge, welche die Recycler selbst schreddern. Die Menge an Altkabeln entspricht schätzungsweise 3% der gesamthaft verarbeiteten Menge an Elektro- und Elektronikabfällen. Altkabel enthalten wertvolle Metalle wie Kupfer und Aluminium und verschiedene Kunststoffisolationen. Um eine Wettbewerbsverzerrung zu verhindern, ist sicherzustellen, dass die Anforderungen an die Altkabelverwertung bei allen Verarbeitern gleich sind. Die Kabelverwertung ist deshalb ein wichtiges Element der Betriebskontrolle.

Altkabel sind wegen ihres Metallgehalts eine wichtige Rohstoffquelle. Altkabel aus der Verarbeitung von Swico- und SENS-Geräten werden entweder durch die Vertragspartner selbst verarbeitet (Auftrennung in Kunststoffe und Metalle), oder sie gelangen via Altstoffhandel bzw. direkt zu in- und ausländischen Kabelrecyclern.

Die Art der Verarbeitung bei den verschiedenen Abnehmern wird mit Hilfe des Formulars «Stoffflussnachweis» ermittelt. Darin muss der Abnehmer die Prozesse, die daraus entstehenden Fraktionen, deren Anteile sowie die Abnehmer deklarieren. Diese Informationen stellen ein wichtiges Element der jährlichen Betriebskontrolle dar. Der Stoffflussnachweis stösst jedoch an Grenzen, wenn die Altkabel im Altstoffhandel über mehrere Stationen zu einem Verwerter gelangen. Hinzu kommt, dass die Nachweise oft mangelhaft ausgefüllt sind.

Anforderungen an die Aufbereitung

Kabel können problematische Schadstoffe enthalten. Sie müssen deshalb von spezialisierten Unternehmen mit einer Entsorgungsbewilligung in Isolationsmaterial und metallische Abfälle aufgetrennt werden. Dabei soll verhindert werden, dass Kabel über den Metallhandel in Schwellenländer gelangen, wo sie im Freien verbrannt werden, was ein Risiko für Gesundheit und Umwelt darstellt.

Kabel bestehen aus einem Leiter (zum Beispiel Kupfer oder Aluminium) und einer Isolation. Als Isolationsmaterial wird hauptsächlich Kunststoff auf PVC-Basis eingesetzt. Die problematischen Schadstoffe befinden sich bei allen Kabeln primär als Additive in diesem Isolationsmaterial. Bei älteren Kabeln können zum Beispiel Bleiverbindungen in vergleichsweise hohen Konzentrationen vorkommen. In früheren Jahren wurden zudem hohe PCB-Gehalte festgestellt. Andere problematische Additive sind antimon- oder bromhaltige Flammschutzmittel sowie Cadmiumverbindungen. Kabel neuerer Generation weisen in der Regel keine problematischen Gehalte an Schadstoffen in Form von Additiven mehr auf.

Bei der Verarbeitung von Altkabeln muss verhindert werden, dass schadstoffhaltiges Kunststoffisolationsmaterial als Rohmaterial zur Herstellung von Kunststoffprodukten verwendet wird. Kupfer- und Aluminiumkabel sind getrennt zu behandeln. Die Leiter und das Material aus der metallischen Ummantelung (zum Beispiel Blei oder Eisen) müssen verwertet und das Kunststoffisolationsmaterial (PVC, PE usw.) mechanisch oder manuell abgetrennt werden. Saubere und sortenreine Kunststoffe können stofflich verwertet werden, sofern sie die Anforderungen der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV)¹ erfüllen. Diese regelt den Gehalt an den Metallen Blei, Chrom, Quecksilber (<0,1%) bzw. Cadmium

(<0,01%) sowie an bromierten Flammschutzmitteln (PBB und PBDE: <0,1%). Kunststoffe, welche diese Anforderungen nicht erfüllen, sind in einer geeigneten Anlage zu verbrennen. Eine direkte stoffliche Verwertung ohne Nachweis nach der ChemRRV ist verboten.

Ist ein Export möglich?

Altkabel bzw. Isolationsrückstände aus der Verwertung von Altkabeln sind gemäss den VeVA-Listen² als «andere kontrollpflichtige Abfälle (ak)» bzw. als «Sonderabfall (S)» klassiert. Demnach sind Verarbeiter von Altkabeln bzw. die Abnehmer von Fraktionen aus der Verarbeitung in der Schweiz verpflichtet, die abgetrennten Isolationsrückstände als Sonderabfälle mit Begleitschein zu transportieren.

Im Europäischen Abfallkatalog³ und in den OECD-Listen⁴ werden Altkabel «grün gelistet». Dies bedeutet, dass Altkabel aus dem EU-Raum ohne Einschränkungen innerhalb der OECD gehandelt und transportiert werden dürfen. Die stoffliche Verwertung von Kabelisolationen ist dabei bestehende Praxis. Damit sind die gesetzlichen Vorgaben für den Umgang mit Altkabeln in der Schweiz deutlich strenger als in der EU.

Aufgrund der unterschiedlichen Praxis der Abfalldeklaration in der Schweiz und der EU besteht die Gefahr einer Wettbewerbsverzerrung, weil ausländische Kabelverwerter die Kunststoffisolationen stofflich verwerten können, während diese in der Schweiz beim Überschreiten der Grenzwerte gemäss ChemRRV thermisch entsorgt werden müssen. Um eine solche Verzerrung zu verhindern, werden im laufenden Jahr die Kabellieferungen zu ausländischen Verwertern genauer untersucht werden. Dabei soll auch verhindert werden, dass Kabel über den Handel in Entwicklungs- und Schwellenländer gelangen – mit entsprechend negativen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit.

Verwertung maximieren, Schadstoffverfrachtung vermeiden

Aus ökonomischer Sicht ist das Ziel der Verwertung von Altkabeln primär die Rückgewinnung der darin enthaltenen Nichteisenmetalle. Bei der stofflichen Verwertung der Kunststoffe aus dem Isolationsmaterial ist darauf zu achten, dass keine Schadstoffe in die Kunststoffgranulate (meist PVC) verfrachtet werden. Zwar ist die Schadstoffbelastung in den Kabeln aus Elektro- und Elektronikaltgeräten erfahrungsgemäss geringer als zum Beispiel bei Erdkabeln oder Hausinstallationskabeln, jedoch werden diese meist nicht getrennt voneinander verarbeitet. Entsprechend wichtig ist es, dass auch dieser Punkt bei den Betriebskontrollen von Swico und SENS angesprochen wird.



Abbildung 1: Millberry-Kupferkabel



Abbildung 2: Kupfergranulat aus der Kabelverarbeitung



Abbildung 3: Aluminiumgranulat aus der Kabelverarbeitung

¹ Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV) vom 18.05.2005 (Stand am 01.01.2014).
² Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen vom 18.10.2005 (Stand am 01.01.2010).
³ Entscheidung der Kommission vom 16.01.2001 zur Änderung der Entscheidung 2000 / 532 / EG über ein Abfallverzeichnis.
⁴ Abfallliste des OECD-Beschlusses C(2001)107 / FINAL.

EWAS: E-Waste Academy Scientists Edition 2013

Im Zusammenhang mit E-Schrott-Management stellen sich vielfältige ökologische, wirtschaftliche und soziale Herausforderungen, an deren Lösungen sich alle Akteure beteiligen müssen. Die StEP E-Waste Academy (EWA) ist ein wegweisendes Konzept zur Entwicklung von E-Schrott-Forschungs- und -Managementkapazitäten, zur Förderung von Multi-Stakeholder-Partnerschaften und zur weltweiten Zusammenarbeit.

Die EWA Scientists Edition (EWAS), vormalig die StEP E-Waste Summer School, führt junge Forscher aus der ganzen Welt zusammen, um Lösungen aus unterschiedlichsten disziplinären Perspektiven zu diskutieren. Die EWAS zielt darauf ab, das führende Forum für junge Wissenschaftler in diesem Bereich zu sein, wo sie ihr Wissen teilen, sich mit Experten aus Wissenschaft, Industrie und Politik austauschen und Kooperationspartnerschaften entwickeln können. Die EWAS fördert innovative, wissenschaftlich fundierte E-Schrott-Forschung zur Lösung von E-Schrott-Problemen. Die bisherigen vier EWAS-Ausgaben 2009 bis 2013 waren äusserst erfolgreich und bestätigen nicht nur die Notwendigkeit, sondern auch den grossen Wert interdisziplinärer Forschung zu diesem Thema. Die EWAS wird jedes Mal durch die Teilnehmer und die vortragenden Experten mit Hilfe eines ausführlichen

Fragebogens bewertet. Bisher findet das Konzept, das natürlich den Anregungen entsprechend leicht angepasst wird, ein sehr positives Echo, wie stellvertretend für alle anderen Grafiken Abbildung 1 zeigt.

Die EWAS bietet den Teilnehmern einen vielfältigen Lehrplan in einem innovativen Rahmen von verschiedenen Lehr- und Lernmethoden mit einer ausgewogenen Mischung aus Expertenvorträgen, Teilnehmerpräsentationen, Podiumsdiskussionen, Exkursionen, Workshops und Gruppenarbeiten. Die EWAS hat zum Ziel:

- Bestehendes Wissen und aktuelle Forschungsfragen zu teilen und zu diskutieren, aber auch Forschungslücken zu identifizieren, welche künftig auf die Agenda der internationalen E-Schrott-Forschung

gehören

- Synergien der multidisziplinären Forschung zu nutzen und junge Wissenschaftler, die als Multiplikatoren in ihren jeweiligen akademischen und geografischen Gebieten dienen, zu vernetzen
- Kapazitäten für hochstehende wissenschaftliche Forschung aufzubauen und sie mit Industrie, Wissenschaft und Politik zu verknüpfen

Alle EWAS fanden bisher in Europa (Niederlande, Belgien, Schweiz) statt, damit möglichst viel vom direkten Zugang zu Experten und zur Industrie profitiert werden konnte. Angesichts der führenden Stellung Europas in der E-Schrott-Entsorgung und der dazu nötigen Entwicklung von Technologie und Gesetzgebung sowie deren Umsetzung ist dieser Kontinent ein attraktives Ziel für junge Forscher.

Die organisatorische Leitung der EWAS ist bei der Universität der Vereinten Nationen, genauer beim StEP-Sekretariat, der globalen Initiative für «Solving the E-waste Problem», angesiedelt. Die Planung und Vorbereitung einer EWAS dauert sechs bis neun Monate. Die EWAS wird vorwiegend mit Sponsorengeldern sowohl von StEP-Mitgliedern als auch von Sympathisanten finanziert, um so den grössten Teil der Kosten von 100'000 bis 150'000 Euro pro Ausgabe zu decken. Bisher unterstützten zum Beispiel NVMP (niederländische Vereinigung für die Entsorgung von Metall- und elektrotechnischen Produkten), Swico, Philips Consumer Lifestyle, Umicore, Dell, Nokia und Hewlett-Packard die EWAS finanziell, viele andere, zum Beispiel die Empa, Sims Recycling, Flection, Immark, Ruag und Cablofer, unterstützten die Durchführung der EWAS mit Sacheinlagen (Führungen, Material, Räumlichkeiten usw.). Studenten bezahlen nach ihren Möglichkeiten einen Beitrag, und die Experten verzichten auf jegliches Honorar.

Die letzte EWAS 2013, dieses Mal zum Thema «Visualising E-waste Futures», fand im Dezember in der Schweiz statt, und Gastgeber waren in Genf das Sekretariat der Basler Konvention und in St. Gallen die

Overall Experience 2009–2013

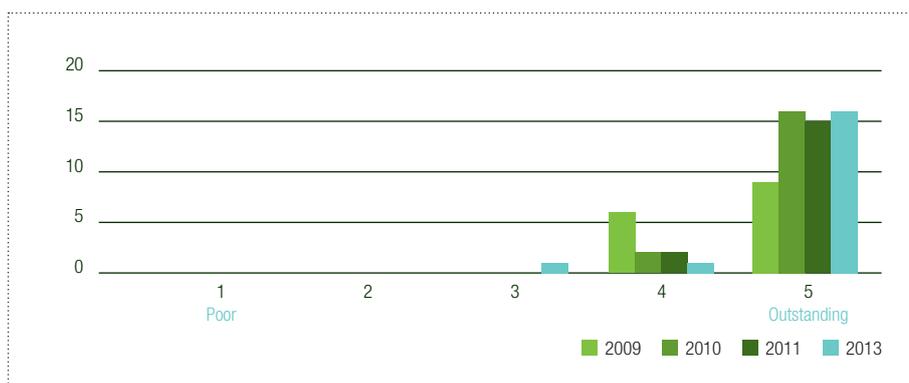


Abbildung 1: Bewertung der EWAS durch die Teilnehmer (2009 bis 2013)

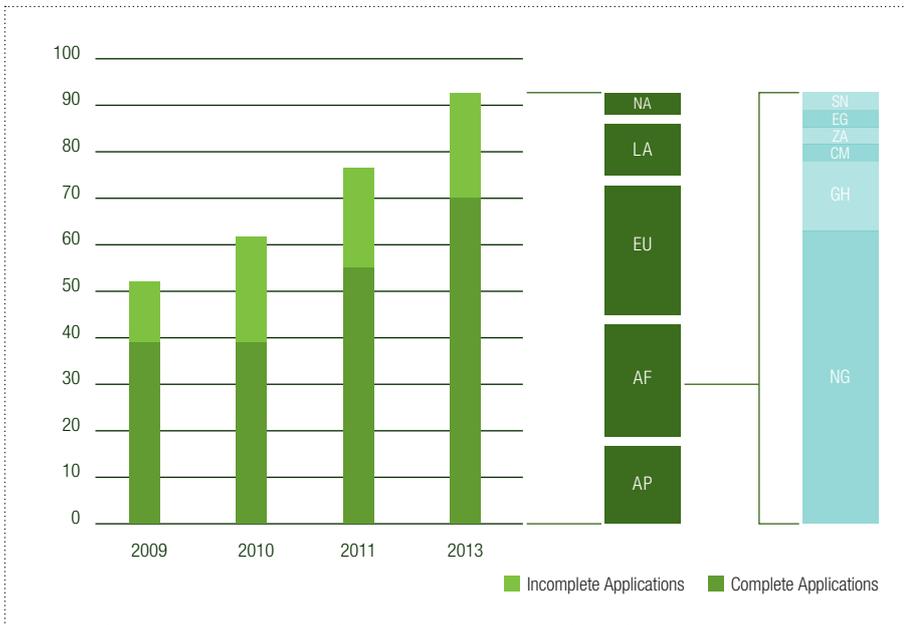


Abbildung 2: Weltweit steigendes Interesse – Entwicklung der Anmeldungen 2009 bis 2013

- 18 AP** (Asien-Pazifik)
- 25 AF** (Afrika)
 - 17 NG (Nigeria)
 - 04 GH (Ghana)
 - 01 CM (Kamerun)
 - 01 ZA (Südafrika)
 - 01 EG (Ägypten)
 - 01 SN (Senegal)
- 30 EU** (Europa)
- 12 LA** (Lateinamerika)
- 05 NA** (Nordamerika)

Empa – Swico war Hauptsponsor. Für das zehntägige Programm haben sich Experten von wichtigen Interessengruppen aus Wissenschaft, Industrie, Regierung und NGOs aus der ganzen Welt für hochwertige Fachvorträge zur Verfügung gestellt:

- Christina Meskers, Umicore, und Markus Zils, McKinsey, zum Thema «Securing Future Supplies: Raw Materials and Resource Politics»
- Jean-Marc Hensch, Swico, zum Thema «System boot up – ingredients for successful and sustainable take back systems»
- Costas Velis, University of Leeds, zum Thema «The Future of Informal Recycling: Integrating the Informal Sector in Resource Management»
- Ibrahim Shafii, BRSMEAS, und Shunichi Honda, Umweltministerium Japan, zum Thema «Negotiating Multilateral Environmental Agreements – Process, Pitfalls and Perspectives»
- Tatiana Terekhova, BRSMAS; Eelco Smit, Philips; Jonathan Perry, Dell; Vittoria Luda di Cortemiglia, UNICRI, und David Rochat, SOFIES – eine Panel-diskussion zum Thema «Illegal Transboundary Flows»
- Peter Kirby, University of Oxford, zum Thema «Tracing Transboundary Flows»
- Stephanie Adrian, USEPA, und Jonathan Perry, Dell, zum Thema «Policy Directions Globally: Looking Ahead at Evolving E-waste Policies»
- Jaco Huisman, UN University, zum Thema «Assessing Future Volumes: Trade Flows, Forecasts, Models and Scenarios»

Die Teilnehmer waren eine gut durchmischte Gruppe von Doktoranden und Postdocs aus verschiedenen Disziplinen und Ländern. Die Gruppengröße mit je zehn Frauen und Männern wird jeweils bewusst klein gehalten, um so eine aktive, individuelle Beteiligung und eine enge Interaktion zwischen allen zu erleichtern. Die Teilnehmer werden immer sorgfältig nach ihrer Forschungskompetenz im Zuge eines in der Wissenschaft üblichen «review process» ihrer Forschungsarbeiten ausgewählt. Die folgenden drei

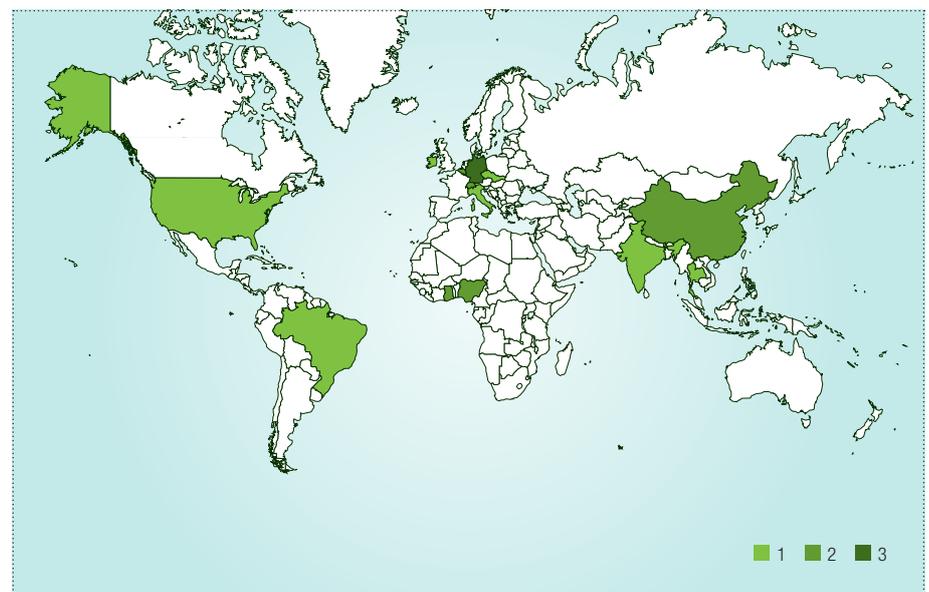


Abbildung 3: 20 Teilnehmer der EWAS 2013 aus 13 Ländern (Belgien: 2, Brasilien: 1, China: 2, Tschechische Republik: 1, Deutschland: 3, Ghana: 2, Indien: 1, Irland: 1, Italien: 1, Nigeria: 2, Schweiz: 2, Thailand: 1, USA: 1)

Beispiele sollen einen Eindruck von der Qualität und Vielfalt der aktuellen Forschung von Teilnehmern aus Entwicklungsländern geben:

- Frau Wenjie Wu vom Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, forscht zu «Impact of Waste Household Appliances Trade-in Program on Chinese WEEE Management»
- Herr Vincent Kyere vom Catholic University College of Ghana forscht zu «Exploratory assessment of e-waste governance structures in Africa: a case study of Ghana»
- Frau Omotayo Sindiku von der University of Ibadan, Nigeria, forscht zu «Inventory of PBDE in e-waste polymers in Nigeria material flow»

Ein wichtiger Schwerpunkt der EWAS ist jeweils ein gemeinsames Gruppenprojekt: In früheren Ausgaben hatten die Studenten die Aufgabe, einen E-Waste-Workshop zu entwickeln und diesen am World Resources Forum in Davos durchzuführen. Beim letzten Mal ging es um die Optimierung des E-Schrott-Managements in Entwicklungsländern am Beispiel von Ghana. Die Teilnehmer der EWAS 2013 hatten die Aufgabe, ein Rollenspiel nach den Vorgaben von PlayDecide zu entwickeln. Drehbücher für das Spiel wurden von ehemaligen EWAS-Teilnehmern via Internet vorgeschlagen. Die Beteiligten wählten ein Drehbuch aus Ghana zum besten von allen. Das fertige Rollenspiel hatte Premiere an einer öffentlichen Spielrunde des Sekretariats der Basler Konvention in Genf zum Abschluss der EWAS.



Abbildung 4: Besuch bei Cablofer Recycling SA



Abbildung 5: Besuch bei Ruag und Vorbereitungen zur Swico-Warenkorbanalyse



Abbildung 6: Als Ausgleich zur vielen Arbeit wurde am Sonntag der arktische Säntis erklimmen.



Heinz Böni

Nach der Ausbildung zum Dipl. Kulturingenieur an der ETH Zürich sowie einem Nachdiplomstudium in Siedlungswasserbau und Gewässerschutz (NDS / EAWAG) arbeitete Heinz Böni als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der EAWAG Dübendorf. Nachdem er Projektleiter am ORL-Institut der ETH Zürich und bei der UNICEF in Nepal war, übernahm Heinz Böni die Geschäftsführung des Büros für Kies und Abfall AG in St. Gallen. Danach war er mehrere Jahre Mitinhaber und Geschäftsführer der Ecopartner GmbH in St. Gallen. Seit 2001 ist er an der Empa und leitet dort die Gruppe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency) sowie ad interim die Abteilung Technologie und Gesellschaft. Er ist seit 2009 Leiter der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling sowie seit 2007 Kontrollexperte von Swico und der Stiftung SENS.



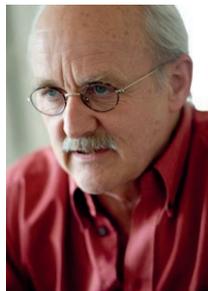
Geri Hug

Nach dem Chemiestudium und anschliessender Dissertation am Organisch-chemischen Institut der Universität Zürich war Geri Hug wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei Roos+Partner AG in Luzern. Von 1994 bis 2011 war er Partner, ab 1997 auch Geschäftsführer der Roos+Partner AG. Er bietet Umweltberatung in 15 Branchen gemäss EAC-Codes, begleitet Umweltaudits und erstellt Umweltverträglichkeitsberichte gemäss UVPV. Weiter erstellt Geri Hug Kurzberichte und Risikoanalysen nach StFV sowie, Betriebs- und Produkteökobilanzen und validiert Umweltberichte. Geri Hug ist Kontrollbeauftragter der Stiftung SENS für den Bereich Elektro- und Elektronikentsorgung sowie Lead-Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001 bei der SGS. Er ist Mitglied der CENELEC-Arbeitsgruppe für die Entwicklung von Standards zum umweltgerechten Recycling von Kühlgeräten.



Roman Eppenberger

Roman Eppenberger schloss sein Studium als dipl. El.-Ing. an der ETH Zürich ab. Berufsbegleitend absolvierte er das Nachdiplomstudium Executive MBA an der Fachhochschule Ostschweiz. Die ersten Industrieerfahrungen machte er als Ingenieur und Projektleiter in der Branche Robotik für Medizin und Pharmazie. Als Produktmanager wechselte er in den Contactless-Bereich der Firma Legic (Kaba), wo er für den weltweiten Einkauf der Halbleiterprodukte verantwortlich war. Seit 2012 ist Roman Eppenberger bei der Stiftung SENS als Geschäftsleitungsmitglied angestellt und leitet den Bereich Operations. In dieser Funktion koordiniert er zusammen mit Heinz Böni die Technische Kommission Swico / SENS.



Ueli Kasser

Dipl. chem. / lic. phil. nat. an der Universität Bern und der ETH Zürich sowie Absolvent des INDEL (Nachdiplomkurs über Probleme der Entwicklungsländer). Nachdem er zuerst als freier Mitarbeiter in den Bereichen Radioökologie, Ökotoxikologie und Arbeitshygiene tätig war, wurde er Mitinhaber von ökoscience – Beratungsbüro für angewandte Ökologie in Zürich sowie Projektleiter in den Bereichen Lufthygiene, Umweltberatung und Ökotoxikologie. Bis heute ist Ueli Kasser Inhaber des Büros für Umweltchemie in Zürich, welches auf Beratungen in den Bereichen Abfall, Chemikaliensicherheit, Baustoffökologie und Innenraumlufthygienqualität spezialisiert ist. Neben seiner Lehrtätigkeit ist er Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001. Seit Mitte der Neunzigerjahre ist Ueli Kasser Kontrollexperte für Recyclingbetriebe im Auftrag der Stiftung SENS, erarbeitet die Standards und Richtlinien für die Kontrolltätigkeit und ist Vertreter der Stiftung SENS im Europäischen Verband sowie Consultant im Europäischen Normenprojekt WEELABEX.



Emil Franov

Nach dem Studium der Umweltwissenschaften an der ETH Zürich mit den Schwerpunkten analytische Umweltchemie und aquatische Systeme war Emil Franov fünf Jahre als Umweltberater in einem internationalen Dienstleistungsunternehmen tätig. Seit 2001 arbeitet er bei der Carbotech AG in Basel als Berater und Projektleiter mit den Schwerpunkten Umweltberatung, Ökobilanzen und Compliance mit umweltrelevanten Anforderungen (Umweltaudits, Umweltkennzahlen, Umweltrecht usw.). Er hat diverse Mandate für jährliche Betriebsökobilanzierungen und Umweltkennzahlen-Erhebungen nach diversen internationalen Standards. Seit 2002 ist er Kontrollexperte und Mitglied der Technischen Kommission der Stiftung SENS. Emil Franov ist Bereichsleiter und Mitglied der Geschäftsleitung der Carbotech AG.



Esther Müller

Nach der Ausbildung zur Umweltingenieurin mit Schwerpunkt Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik an der ETH Zürich arbeitete Esther Müller als Projektleiterin im Bereich Altlasten bei der BMG Engineering AG in Schlieren. Seit 2007 arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency) der Empa im Bereich der Analyse und Modellierung nationaler und globaler Stoffströme im Zusammenhang mit zukunftsfrächtigen Technologien und der darin enthaltenen Materialien. Seit 2012 arbeitet Esther Müller an ihrer Dissertation.



Niklaus Renner

Niklaus Renner studierte Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich. Seit 2007 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Roos+Partner AG Luzern tätig. Im Rahmen diverser Studien befasst er sich mit der Umweltverträglichkeit des Altmetall- und Altgeräterecyclings. Für die Stiftungen SENS und SLRS war er unter anderem an einer Erhebung zum Quecksilbergehalt von Fraktionen der Leuchtmittelverarbeitung beteiligt. Daneben gehören das Monitoring des Umweltrechts, die Pflege des Legal-Compliance-Tools LCS.pro sowie interne Umweltrechtskonformitäts-Audits zu Niklaus Renners Aufgaben. Betriebskontrollen für das Umwelt-Inspektorat AGVS (Autogewerbeverband) und seit 2013 bodenkundliche Baubegleitungen runden sein Profil ab.



Rolf Widmer

Rolf Widmer schloss sein Studium als dipl. El.-Ing. (MSc. ETH EE) sowie sein Nachdiplomstudium NADEL (MAS) der ETH in Zürich ab. Er forschte mehrere Jahre am Institut für Quantenelektronik der ETH und arbeitet heute am Technology and Society Lab der Empa, dem Materialforschungsinstitut des ETH-Bereichs. Zurzeit leitet Rolf Widmer etliche Projekte im Bereich des Elektroschrottnagements und arbeitet in diesem Zusammenhang an geschlossenen Materialkreisläufen der Elektromobilität. Sein besonderes Interesse gilt der Rückgewinnung seltener Metalle, die sich zunehmend in den «urbanen Minen» ansammeln.



Martin Streicher-Porte

An das Studium der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich und seine Dissertation schloss Martin Streicher-Porte eine wissenschaftliche Tätigkeit im Bereich informelles Recycling bei der Empa an. Als Leiter des Bereichs Energie bei Swico, dem Schweizer Wirtschaftsverband für die digitale Schweiz, war er Experte für alle Energieeffizienz Aspekte von IT- und Unterhaltungselektronikprodukten und bildete eine Brücke nach Brüssel. Als Wissenschaftler und Dozent forscht und lehrt Martin Streicher-Porte an der Fachhochschule Nordwestschweiz im Bereich Recycling von Verbundwerkstoffen.



Patrick Wäger

Nach dem Chemiestudium an der ETH Zürich und einer anschliessenden Dissertation am Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich war Patrick Wäger zwei Jahre als Umweltberater bei der Elektrowatt Ingenieurunternehmung in Zürich tätig. Seither hat er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter an der Empa in zahlreichen Forschungsprojekten zu Abfallentsorgung und Rückgewinnung von Rohstoffen aus End-of-Life-Produkten mitgewirkt, ist als Kontrollexperte für die Stiftung SENS und Swico Recycling tätig und war vorübergehend auch Lead-Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001. Patrick Wäger hat verschiedene Lehraufträge im Bereich Umwelt- und Ressourcenmanagement und ist unter anderem Mitglied des Vorstandes der Schweizerischen Akademischen Gesellschaft für Umweltforschung und Ökologie (SAGUF). Der aktuelle Schwerpunkt seiner Arbeit liegt in der Erforschung von Strategien für einen nachhaltigeren Umgang mit nicht erneuerbaren Rohstoffen, insbesondere mit seltenen Metallen.

Internationale Links

www.ewasteguide.info

Eine Informations- und Quellensammlung rund um das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

www.weee-forum.org

Das WEEE-Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) ist der europäische Verband von 41 Systemen zur Sammlung und zum Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

www.step-initiative.org

Solving the E-waste Problem (StEP) ist eine internationale Initiative unter Leitung der United Nations University (UNU), der nicht nur wichtige Akteure aus den Bereichen Herstellung, Wiederverwendung und Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten angehören, sondern auch Regierungs- und internationale Organisationen. Drei weitere UN-Organisationen sind Mitglied der Initiative.

www.basel.int

Das Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung (Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal) vom 22. März 1989 ist auch als Basler Konvention bekannt.

www.weee-europe.com

Die WEEE Europe AG ist ein Zusammenschluss aus 9 europäischen Rücknahmesystemen und ermöglicht ab Januar 2015 Herstellern und anderen Marktteilnehmern die Erfüllung ihrer unterschiedlichen nationalen Pflichten aus einer Hand.

Nationale Links

www.eRecycling.ch

www.swicorecycling.ch

www.slr.ch

www.swissrecycling.ch

Swiss Recycling fördert als Dachorganisation die Interessen aller in der Separatsammlung tätigen Recycling-Organisationen in der Schweiz.

www.empa.ch

Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) ist eine schweizerische Forschungsinstitution für anwendungsorientierte Materialwissenschaften und Technologie.

www.bafu.admin.ch

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) bietet auf seiner Website unter «Abfall» eine Reihe von weiterführenden Informationen und Nachrichten zum Thema Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

Kantone mit delegiertem Vollzug

www.awel.zh.ch

Auf der Website vom Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) finden sich unter «Abfall, Rohstoffe & Altlasten» eine Reihe von Informationen, welche für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten von direkter Bedeutung sind.

www.ag.ch/bvu

Die Website vom Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau bietet unter «Umwelt, Natur & Landschaft» weiterführende Informationen, welche auch die Themen Recycling und Verwertung von Rohstoffen betreffen.

www.umwelt.tg.ch

Auf der Website vom Amt für Umwelt des Kantons Thurgau finden sich unter «Abfall» die regional relevanten Informationen zum Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

www.afu.sg.ch

Auf der Website vom Amt für Umwelt und Energie St. Gallen finden sich allgemeine Infos, Merkblätter zu einzelnen Themen und unter «UmweltInfos» und «UmweltFacts» Informationen zu aktuellen Themen.

Kontakt

Stiftung SENS

Obstgartenstrasse 28
8006 Zürich
Telefon +41 43 255 20 00
Fax +41 43 255 20 01
info@eRecycling.ch
www.eRecycling.ch

Technische Kontrollstelle SENS

Koordination TK-SENS
Roman Eppenberger
Obstgartenstrasse 28
8006 Zürich
Telefon +41 43 255 20 09
Fax +41 43 255 20 01
roman.eppenberger@sens.ch

Swico

Hardturmstrasse 103
8005 Zürich
Telefon +41 44 446 90 94
Fax +41 44 446 90 91
info@swicorecycling.ch
www.swicorecycling.ch

Technische Kontrollstelle Swico

c / o Empa
Heinz Böni
Abteilung Technologie und Gesellschaft
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen
Telefon +41 58 765 78 58
Fax +41 58 765 78 62
heinz.boeni@empa.ch

Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)

Altenbergstrasse 29
Postfach 686
3000 Bern 8
Telefon +41 31 313 88 12
Fax +41 43 31 313 88 99
info@slrs.ch
www.slrs.ch

Impressum

Herausgeberin

Stiftung SENS, Swico, Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)

Bilder

Seite 3: Heinz Böni, Empa
Seite 8: Ueli Kasser, Büro für Umweltchemie
Seite 15/16: Karin Jordi, Inobat
Seite 19/20: Ueli Kasser, Büro für Umweltchemie, und Patrik Wäger, Empa
Seite 21: Roman Eppenberger, Stiftung SENS
Seite 28: Heinz Böni, Empa, und www.metaswiss.ch
Seite 31: Rolf Widmer, Empa



ClimatePartner[®]
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1406-1001

Gedruckt auf Superset Snow Offset, weiss

Der Fachbericht erscheint auf Deutsch, Englisch und Französisch und ist unter www.eRecycling.ch, www.swicorecycling.ch und www.slrs.ch als PDF abrufbar.

© 2014 SENS / Swico / SLRS

Abdruck erwünscht mit Quellenangabe und Belegexemplar an die Stiftung SENS / Swico / SLRS

