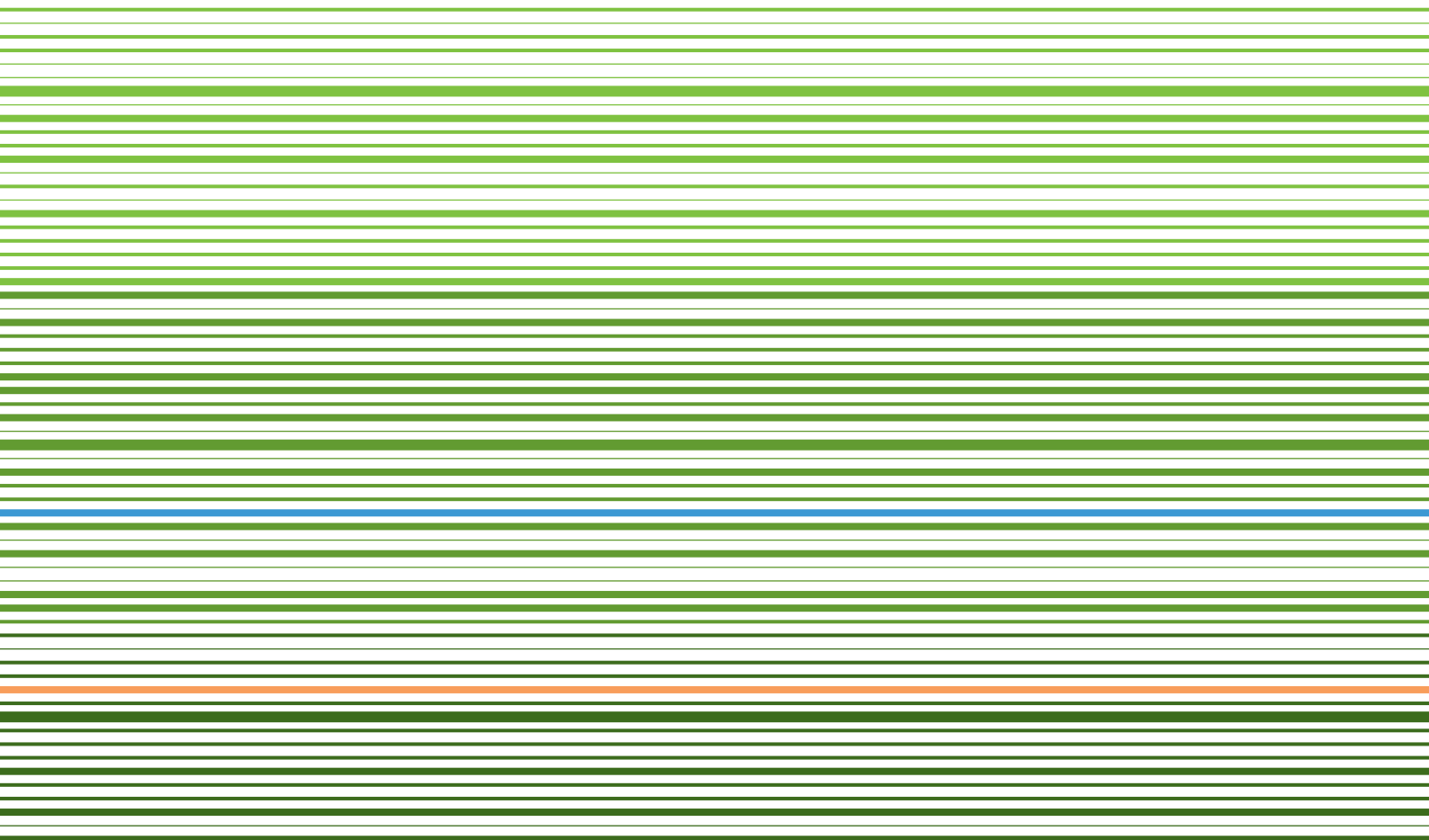


Swico, SENS, SLRS

Fachbericht 2015



(K)ein ruhiges Jahr

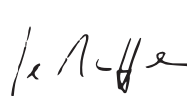
Es gibt Jahre, in denen wenig zu passieren scheint, und doch stellt man am Ende des Jahres jeweils fest, dass enorm viel geleistet wurde. Das abgelaufene Geschäftsjahr lässt sich in diese Kategorie einreihen: Nach aussen hat sich herzlich wenig verändert, sowohl bei den Systemen selbst, als auch im regulatorischen Umfeld, und doch gab es hinter den Kulissen viel zu tun.

Generell stellen wir fest, dass wir für die Abwicklung von übergeordneten Projekten immer mehr Expertise und Ressourcen einsetzen müssen, die uns dann im Tagesgeschäft fehlen. Wir haben zwei Strategien, um mit dieser Entwicklung umzugehen: Einerseits verstärken wir die Zusammenarbeit unter den Systemen weiter bis hin zur gegenseitigen Stellvertretung in Gremien und Organisationen oder dem Pooling von Personalressourcen. Andererseits zögern wir auch nicht, für spezifische Fachfragen externe Experten beizuziehen, die uns mit Gutachten und Spezialdienstleistungen entlasten.

Ein hervorragendes Beispiel für beide Vorgehensweisen ist die gemeinsame Technische Kommission (TK) von Swico, SENS und SLRS, welche sämtliche umwelttechnischen Aspekte unserer Arbeit steuert und den Stand der Technik weiterentwickelt. Hier fliesst das Recycling- und Audit-Fachwissen der Schweiz zusammen. Und hier finden im gemeinsamen Dialog wichtige Weichenstellungen statt, welche von den Leitungsorganen der Systeme, aber auch von unseren Geschäftspartnern und selbst von den Umweltbehörden meist ohne grosse Änderungen akzeptiert und übernommen werden.

2014 hat sich die TK neben vielen operativen Fragen intensiv mit den aktuellen Themen wie der Einführung des CENELEC-Standards in der Schweiz, der Umsetzung der neuen ADR-Richtlinien oder der Unterstützung des BAFU bei der Entwicklung von Vollzugshilfen zum Stand der Technik befasst. Den Status dieser wichtigen Projekte können Sie den nächsten Seiten entnehmen.

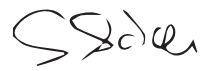
Auch auf Stufe der Führungsorgane wird eng zusammengearbeitet. So haben wir gemeinsam dem BAFU unsere Anregungen zur Umsetzung der VREG-Revision nahegebracht. Ausgehend von einer kritischen Beurteilung unsererseits scheint nun doch gelungen zu sein, das Umsetzungskonzept deutlich zu entlasten und so zu strukturieren, dass deutlich weniger Fehlanreize gesetzt werden. Wir freuen uns, dass unsere fachlichen Inputs vom Bundesamt wohlwollend aufgenommen und zum grossen Teil berücksichtigt wurden. Heute sind wir deutlich zuversichtlicher als vor einem Jahr, dass auch unter der neuen VREG eine praktikable und wirtschaftlich vertretbare Entsorgung der Altgeräte möglich sein wird.



Jean-Marc Hensch
Swico



Heidi Luck
SENS



Silvia Schaller
SLRS

Inhaltsverzeichnis

4 Porträt Recyclingsysteme / 6 Technische Kommission /
7 CEN/CENELEC / 11 Mengen / 14 Kühlgeräte / 16 Batterien /
19 e-Recmet / 22 Kostenstudie / 24 Warenkorbanalyse /
25 HPS-Entsorgung / 27 Photovoltaik / 28 Recyclingquote /
30 Autoren / 33 Links / 34 Kontakt, Impressum

Stiftung SENS, Swico, SLRS: Kompetent und nachhaltig

Seit über 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.

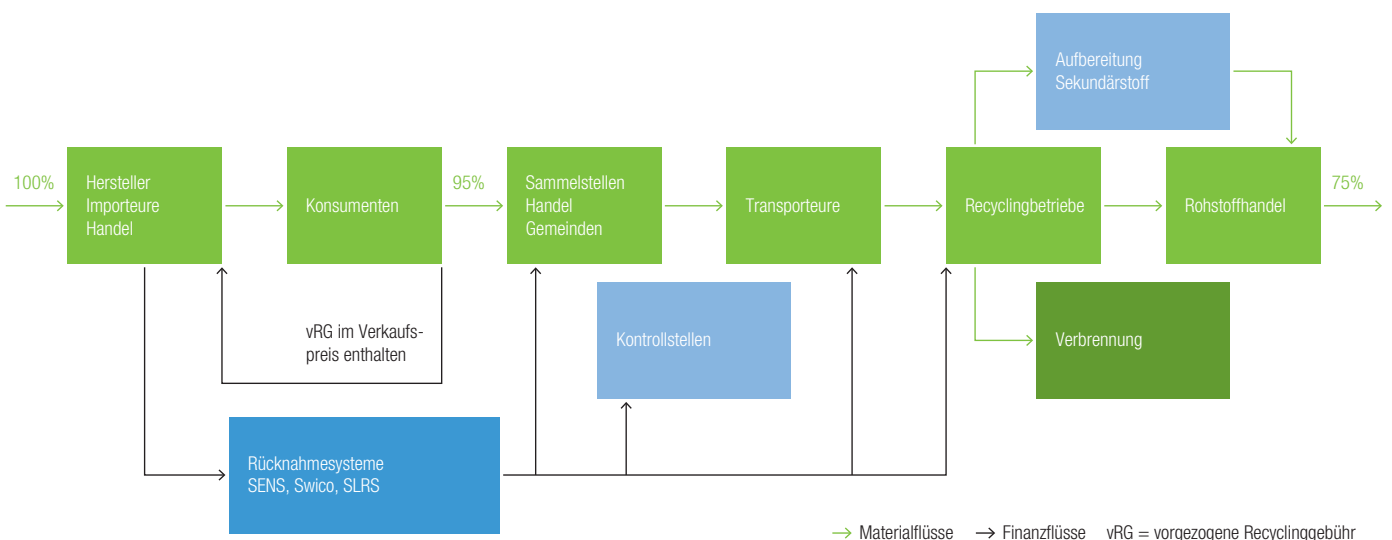
Im Jahr 2014 wurden von den drei Systemen rund 126'600 Tonnen¹ ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit haben Swico, die Stiftung SENS und SLRS auch bedeutend dazu beigetragen, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten. Mit der internationalen 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



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 SENS

Die Stiftung SENS ist eine unabhängige, neutrale und nicht gewinnorientierte Stiftung und tritt nach aussen mit der Marke SENS eRecycling auf. Ihr Fokus liegt auf der Rücknahme, der Wiederverwertung und der Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten der Bereiche Haushalt, Fitness, Wellness, Freizeit, Spielwaren, Tierbedarf, Photovoltaik und Elektrowerkzeuge. 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

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.

Materialverantwortung und Lithium-Batterien

Im Jahre 2014 wurden von den 8 externen Kontrollexperten 31 Audits bei Recyclingpartnern von Swico, SENS und SLRS und 39 Audits bei manuellen Zerlegebetrieben (Vertragspartner der Recyclingbetriebe) durchgeführt. Der Gesamtaufwand inkl. Vor- und Nachbereitung der Kontrollen dürfte im Bereich von rund 100 Tagen gelegen haben. Nebst dieser seit Jahren etablierten Kontrolltätigkeit nimmt die Technische Kommission von Swico, SENS und SLRS auch immer wieder Themen auf, die entweder neue Geräte und damit verbundene mögliche Herausforderungen und Risiken betreffen oder welche in den Technischen Vorschriften wichtige Anforderungen darstellen. Im vergangenen Jahr standen die Materialverantwortung der beauftragten Recyclingbetriebe und die mit den Lithium-Batterien verbundenen Risiken im Vordergrund.

Die Recyclingpartner wurden mit einem Schreiben Ende Mai an eine zentrale Bestimmung in den Technischen Vorschriften erinnert, welche fordert, dass sie für die Einhaltung der Anforderungen der Technischen Vorschriften bei den Arbeiten der (schweizerischen) Zerlegebetriebe, wie auch bei den (meist ausländischen) Zweit- und Endabnehmern verantwortlich sind. D.h. dass sie sich darüber informieren müssen, welche Verarbeitungsprozesse die Zweitabnehmer einsetzen und wie sie die Fraktionen in schadstoffhaltige und stofflich verwertbare Fraktionen auftrennen. Damit soll verhindert werden, dass die Technischen Vorschriften, welche in der Schweiz kontrolliert und durchgesetzt werden, bei ausländischen Partnern, wo zum Teil weniger strenge gesetzliche Vorgaben bestehen und die Kontrollen nicht in der gleichen Intensität wie in der

Schweiz durchgeführt werden, umgangen werden und dadurch Wettbewerbsverzerrungen entstehen. Die Recycler müssen zu diesem Zweck bei ihren Partnern sogenannte Stoffflussnachweise einfordern, welche Angaben zu den angewandten Verfahren, den dabei erhaltenen Fraktionen und ihren Abnehmern machen. Die Kontrollexperten prüfen diese Angaben entweder stichprobenweise oder durch Zweitabnehmerkontrollen. Diese werden insbesondere bei kritischen Fraktionen wie z. B. Kunststoffen regelmässig, ca. alle 3-5 Jahre durchgeführt.

Bereits ein Dauerbrenner ist das Thema der Lithium-Batterien in Geräten, welche im Rücknahmekanal von Swico, SENS und SLRS landen (siehe auch Fachbericht 2014). Die Technische Kommission hat ihre alljährlich stattfindende Weiterbildung im Herbst dieser Thematik gewidmet. Nach einer Besichtigung

der Firma Kyburz in Freienstein, welche die elektrischen Postdreiräder herstellt und wo sich spezielle Herausforderungen an die Sicherheit im Umgang mit den Lithium-Batterien stellen, wurden an der EMPA in Dübendorf Referate zur grundsätzlichen Frage der Eignung von Lithium als Energieträger (Rolf Widmer, Empa), zur Frage der Funktionsweise und des Aufbaus solcher Batterien (Donat Adams und Dominik Bachmann, Empa) und zu Sammlung und Transport (Reiner Werren, Inobat) besucht. Die anschliessende Diskussion zeigte, dass das Thema vor dem Hintergrund verschiedener Zwischenfälle und verschärfter ADR-Vorschriften hochaktuell ist und dass die Thematik der Lithium-Batterien in Ausrüstungen zwingend einer möglichst raschen Lösung bedarf. Ein Artikel in dem vorliegenden Fachbericht widmet sich speziell dieser Thematik.

Formal erhebliche, substantiell geringe Unterschiede

Teil I der EN 50625-Serie zur «Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) ist seit einem Jahr in Kraft, weitere Teile zu Leuchtmitteln, sowie Technische Spezifikationen zu Grenz- und Zielwerten sind vor kurzem publiziert worden. Es ist an der Zeit die Arbeiten der Europäischen Normenorganisation mit den Technischen Vorschriften von Swico/SENS zu vergleichen, obwohl noch nicht die ganze Serie publiziert ist. Der Vergleich ist umso brisanter, weil das Europäische Normenwerk letzten Endes auf den Standard der Schweizerischen Rücknahmesysteme zurückzuführen ist².

Die Arbeiten der Europäischen Normenkommission (EN) schreiten mit grossem Tempo voran, die Hauptnorm EN 50625-1 und die Norm EN 50625-2-1 für Leuchtmittel als eine der vier spezifischen Normen sind bereits publiziert. Die ebenfalls bereits publizierte EN 50574:2012 wie auch die TS 50574-2:2014 für die Behandlung von Haushaltskühl- und Gefriergeräten wird für die Serie EN 50625 neu überarbeitet. Von den insgesamt 7 Technischen Spezifikationen (TS) ist die TS 50625-3-1 zur Schadstoffentfrachtung von Geräten als wichtigste ebenfalls publiziert (vgl. Abb. 1)³. Das Tempo mit dem die CENELEC-Kommission die Normen-Dokumente erarbeitet und verabschiedet ist erstaunlich, wenn man bedenkt, dass insgesamt über 50 Mitglieder alle wichtigen Stakeholders repräsentieren. Zudem werden alle Dokumente zum Teil zweimal den Nationalen Normenverbänden zur Vernehmlassung unterbreitet werden.

Aus der Erfahrung heraus entwickelt

Der Ursprung der Technischen Vorschriften von SENS und Swico in der Schweiz reicht in die Neunzigerjahre zurück, als es noch keine VREG oder WEEE Direktive gab. Damals wurden im Rahmen von Verträgen zwischen den Recyclingbetrieben und SENS resp. Swico Anforderungen an die Behandlung von Altgeräten gestellt. Die beiden Systeme haben die Anforderungen periodisch den neusten Erkenntnissen und der Gesetzgebung angepasst, im 2009 harmonisiert und als gemeinsame Technische Vorschriften herausgegeben (vgl. Abb. 2)⁴. Die Vorschriften wurden durch die gemeinsame Technische Kommission von Swico, SENS und SLRS, dem Kontrollorgan der beiden Systeme, erarbeitet, verabschiedet und bei Bedarf angepasst. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat die Technischen Vorschriften SENS/Swico im April 2012 als «Stand der Technik» gemäss Art. 6 der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) erklärt. Die Technischen Vorschriften der Schweizerischen Rücknahmesysteme wurden 2009 auf Englisch übersetzt und dienten als erster Entwurf für das WEEELABEX-Projekt, dessen Output 2011 als Grundlage für die CENELEC-Kommission herangezogen wurde⁵.

Vergleich mit Vorbehalten

Es ist naheliegend und für die Systeme, das BAFU und die Recycler von grossem Interesse, das Europäische Kind mit der Schweizerischen Mutter zu vergleichen. Allerdings ist dieser Vergleich noch nicht abschliessend, da in den CENELEC-Dokumenten gewisse Details wie etwa die Quecksilber-Grenzwerte für Leuchtmittelfractionen (noch) fehlen. Der Vergleich von zwei Gruppen von Dokumenten mit völlig anderer Struktur, unterschiedlichen Formulierungen und Detaillierungsgrad ist anspruchsvoll. Die Europäischen Normen unterliegen streng festgelegten Regeln. Beispielsweise muss der Text immer normativ sein, d. h. verbindliche Formulierungen enthalten. Ein «sollte» ist nicht erlaubt. Erläuterungen und informative Botschaften sind nur als kleingedruckte Anmerkungen möglich. Bei der Erarbeitung der Technischen Vorschriften Swico/SENS war man an keine Vorgaben gebunden und musste keine externen Vernehmlassungen durchführen. Die Technischen Vorschriften sind stark geprägt durch den mehrjährigen Erfahrungshintergrund der Systeme und der von ihr eingesetzten Kontrollexperten, welche die Einhaltung dieser Vorschriften kontrollieren.

Abbildung 1: EN 50625 Serie – Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE)

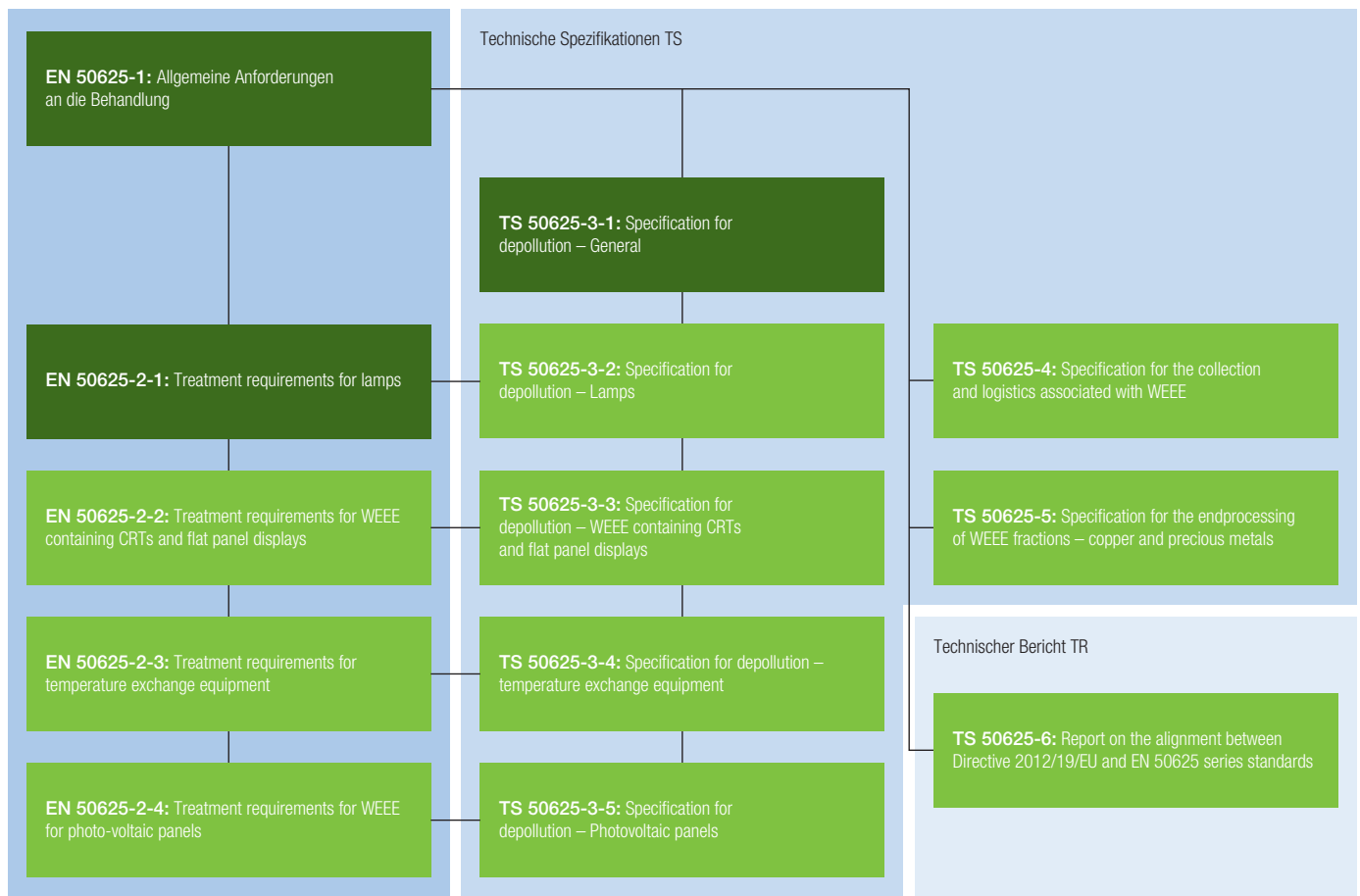


Abbildung 2: SWICO/SENS – Technische Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten



Umfangreicher, umfassender und mit klarerer Struktur

In Tabelle 1 sind die eher äusserlichen Unterschiede zwischen den Standards zusammengefasst. Der Augenfälligste ist der Umfang der Dokumente. Während die schweizerischen Technischen Vorschriften auf etwas mehr als 50 Seiten abgefasst sind, wird die entsprechende Normenserie, wenn sie fertig gestellt ist, vermutlich gegen 200 Seiten umfassen. Allerdings ist der Geltungsbereich mit

Photovoltaik-Panels, Anforderungen an die Endverarbeitung von Fraktionen und Sammelstellenanforderungen auch umfassender.

Beide Normenwerke richten sich ausschliesslich an die Betreiber von Anlagen, welche Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) verarbeiten. Nebst den formalen Aspekten, die zum grösseren Umfang der Europäischen Normen führen, gibt es auch inhaltliche Unterschiede. Die Europäische Norm enthält redundante Elemente und geht mehr ins Detail. Das

hängt nicht zuletzt auch mit der Grösse der Kommission zusammen. Viele Interessenvertreter pflegen ihre Steckenpferde und Spezialgebiete, die sie gerne in der Norm unterbringen wollen. Dies verhindert oft pragmatische und einfache Lösungen. Andererseits hat das europäische Folgeprodukt gegenüber dem ursprünglichen schweizerischen Dokument an Schärfe und Präzision gewonnen.

Tabelle 1: Äusserliche Unterschiede zwischen dem Schweizerischen und Europäischen Standard

Thema	EN 50625 series	TV SENS/Swico – CH
Umfang der Dokumente	1 Hauptnorm (40 Seiten) 4 Teilnormen (ca. 70 Seiten) 7 Technische Spezifikationen (ca. 80 Seiten)	Teil I: Allg. Vorschriften (16 Seiten) Teil II: 6 Richtlinien (29 Seiten) 2 Wegleitungen (9 Seiten)
Geltungsbereich	Grundsätzlich alle WEEE-Altgerätekategorien von der Sammlung bis zum «End-of-waste-status», explizit: Leuchtmittel, Bildschirmgeräte, Kühlgeräte und PV-Panels Sammelstellen und Anforderungen an die Endverarbeitung von Kupfer- und Edelmetallfraktionen	Alle VREG-Geräte von der Entgegennahme bis zu endlagerfähigen resp. verwertbaren Fraktionen explizit: Leuchtmittel, IKT und UE-Geräte, Kühlgeräte, Dentalgeräte, Vorschaltgeräte, Keine Anforderungen an Sammelstellen, PV-Panels und die Endverarbeitung von Fraktionen
Adressat	Betreiber (Operator), alle Betriebe die WEEE sammeln, sortieren und verarbeiten	Recyclingbetriebe (ohne Sammelstellen)
«Philosophie»	Detailliertere, z.T. präzisere Beschreibungen, Anforderungen teilweise redundant	Einfach und pragmatisch

² vgl. auch SENS, SWICO, SLRS Fachbericht 2014, «Erste Europäische e-waste Norm EN 50625-1 ist ratifiziert» von Ueli Kasser.

³ EN 50625-1, EN-50625-2-1, TS 50625-3-1 können bestellt werden unter:
<https://www.electrosuisse.ch/de/meta/shop/normen.html>

⁴ SENS / Swico Recycling; Technische Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten
TEIL I ALLGEMEINE TECHNISCHE VORSCHRIFTEN, TEIL II RICHTLINIEN, 8.12.09/erg.02.11.2011.

⁵ vgl. Fussnote 2

⁶ Die Zielsetzung ist in der «Waste framework Directive» der EU enthalten. Sie lässt grosse Übergangsfristen für die EU-Mitglieder zu. In den Normen werden grundsätzlich keine gesetzlichen Anforderungen aufgenommen.

Tabelle 2: Die wichtigsten Unterschiede zwischen dem Schweizerischen und Europäischen Standard (soweit beim gegenwärtigen Stand erkennbar)

Thema	EN 50625 series	TV SENS/Swico – CH
Auslegung der Anlage, Sicherheits- und Schutzmassnahmen	Pflicht zur Durchführung einer Risikoanalyse, um daraus Layout der Anlage, Sicherheits- und Schutzmassnahmen abzuleiten	keine explizite Forderung einer Risikoanalyse
Verarbeitungsgrundsätze	gemischte Verarbeitung mit anderen Abfällen erlaubt	getrennte Verarbeitung von EAG obligatorisch (Ausnahmen genehmigungspflichtig)
EAG – Lagerhöchstmengen	12 Monate Verarbeitungskapazität, Leuchtmittel 6 Monate	20 % des durchschnittlichen Jahresumsatzes
Witterungsschutz für EAG Lagerplätze	explizit für Leuchtmittel, Kühl- und Bildschirmgeräte	explizit für Leuchtmittel, grundsätzlich für alle EAG (Ausnahmen: Nachweis der Abwassereinleitung, schadstoffentfrachtete Geräte)
Überwachung der Folgebehandlungskette	präzise Anforderungen nach Art der Fraktionen differenziert bis «End-of-waste-status»	Stoffflussnachweis, im Detail jedoch relativ wenig differenziert
Schadstoffgrenzwerte im RESH	kein Kupfer-Grenzwert Cadmium 100 mg/kg PCB 50 mg/kg	Kupfer 10'000 mg/kg Cadmium 100 mg/kg PCB 50 mg/kg
Quecksilbergrenzwerte im Leuchtmittel Fraktionen	vermutlich deutlich höhere Werte (10 / 100 ppm)	Glas 5 mg /kg Metall und andere 10 mg /kg
Entsorgung brennbarer Abfälle	die Verbrennungspflicht ist als Ziel in der EU formuliert, jedoch nicht in allen Ländern umgesetzt ⁶	generelle Verbrennungspflicht

Kernelemente fast identisch

Trotz den Unterschieden in formaler und struktureller Hinsicht sind die Standards substanziell sehr ähnlich. Die Schadstoffentfrachtung der Geräte sowie das Recycling und die Verwertung der Materialien sind Kernelemente aller EAG Verarbeitungstechnologien. Beide Elemente sind in den Normen praktisch identisch, resp. der schweizerische Ansatz ist von der CENELEC-Kommission ohne grundlegende Veränderungen, jedoch mit Präzisierungen übernommen worden. Die Ziel- und Grenzwerte für die Schadstoffentfrachtung sowie für die Recycling- und Verwertungsquoten werden in einem Batch-Test alle zwei Jahre für jede Gerätekatgorie ermittelt. Der Batch soll in Bezug auf Input und Technologie «daily business» repräsentieren, die minimalen Inputmengen sind in der EN etwas präziser formuliert.

Unterschiede ohne grosse Konsequenzen

Die zu erreichenden Recycling- und Verwertungsquoten sind identisch, die schweizerischen Zielwerte für die Entfernung von Batterien und Kondensatoren aus bestimmten Gerätekatgorien sind akzeptiert worden (länderspezifisch) und die europäischen Werte (default) nicht weniger streng. Allein bei den Schadstoffgrenzwerten im RESH hat man sich in der CENELEC-Kommission gegen den Kupfergrenzwert entschieden (vgl. Tab 2). Vermutlich werden auch die Quecksilber-Grenzwerte der Leuchtmittel-Fraktionen höher als in der Schweiz ausfallen. Weitere Unterschiede ohne grundlegenden Charakter betreffen die Pflicht zur Risikoanalyse als Basis für betriebliche Massnahmen, die getrennte Verarbeitung von EAG sowie Anforderungen an die Lagerung von EAG. Ein wichtiges Prinzip in der Abfallwirtschaft wurde auch in EN-Norm festgehalten und gegenüber der Schweizer Variante eher noch verschärft: Die Pflicht des Erstbehandlers zur Überwachung der Prozessfolgekette.

Umsetzung als nächste Herausforderungen

Für die schweizerischen Recyclingbetriebe hat die EN-Norm kaum Konsequenzen im Vergleich zur bisherigen Praxis. Auch bei der Kontrolle der Betriebe wird sich nur wenig ändern. Vermutlich wird die Erstkontrolle etwas umfangreicher ausfallen, während die Folgekontrollen im Bereich der Dauer der heutigen Kontrollen bleiben dürften. Ganz anders in grossen Teilen Europas, insbesondere in jenen Ländern, wo die Schadstoffentfrachtung als fakultativ angesehen und die Bestimmung der Recycling- und Verwertungsquoten ganz dem Recycler überlassen wurde. Es bleibt deshalb die Herausforderung, dass die Europäische Norm in ganz Europa angewendet und nach denselben Massstäben kontrolliert wird.

Stabilisierung der Elektroschrottmengen auf hohem Niveau

Wie schon letztes Jahr hat die verarbeitete Menge an E+E-Geräten gewichtsmässig um 1% abgenommen. Während es 2013 Produkte aus der Unterhaltungselektronik waren, die sich rückläufig entwickelten, betrifft der Rückgang 2014 Haushaltgeräte, weshalb Trendextrapolationen kaum möglich sind. Auf die Gesamtmenge haben nämlich nicht nur Sammelaktivitäten und Verarbeitungsqualität Einfluss, sondern auch weitere Faktoren wie die technologischen Entwicklungen, Konsumentenpräferenzen, Produktzyklen und Nutzungsmuster. In jedem Fall scheinen die zurückgenommenen Mengen ein Plateau erreicht zu haben, bei dem wesentliche Steigerungen kaum mehr möglich scheinen.

Im Jahr 2014 wurden von den Swico- und SENS-Recyclern rund 126'600 Tonnen E+E-Geräte verarbeitet. Wie schon im Jahr 2013 ist die Menge im Vergleich zum Vorjahr um 1% zurückgegangen (Tabelle 1 und Abbildung 1). Die Verarbeitung von Haushaltsgrossgeräten und Elektronikgeräten hat um je 1'200 Tonnen oder um 4% bzw. 2% abgenommen. Auch von den Nicht-VREG-Geräten, welche nicht in den Listen der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) aufgeführt sind, sind rund 1'000 Tonnen weniger verarbeitet worden. Weiterhin eine Zunahme verzeichnen dagegen die Haushaltskleingeräte. Betrachtet man die

Zeitreihen der letzten 6 Jahre, sind die verarbeiteten Mengen von Elektrogrossgeräten, Kühlgeräten und Leuchtmitteln relativ konstant. Die verarbeiteten Elektrokleingeräte hingegen verzeichneten eine durchschnittliche Zunahme von 10%. Das Recycling von Elektronikgeräten hat bis im Jahr 2012 stetig zugenommen. Seither hat die Rücknahme von Röhrenbildschirmen abgenommen, was sich auf die Gesamtmasse der Elektronikgeräte auswirkt. Da die Verkaufszahlen der meisten Gerätekategorien jedoch nach wie vor zunehmen, die Masse der einzelnen Geräte aber eher abnimmt, werden erst die nächsten Jahre zeigen, wie sich die verarbeitete Gesamtmenge weiter entwickelt.

Hohe Anforderungen an die Schadstoffentfrachtung

Aus den verarbeiteten E+E-Geräten werden durch manuelle und maschinelle Verarbeitung Wert- und Schadstofffraktionen gewonnen (Abbildung 2). Die grössten Wertstofffraktionen bilden die Metalle mit 56%, Kunststoffe mit 13% und Metall-Kunststoffgemische mit 11%. Das Glas aus der Bildröhrenverarbeitung macht immer noch knapp 7% aus. Die besonders wertvollen Leiterplatten sowie die Schadstoffe machen nur 1.5% bzw. 1% der Gesamtmenge aus. Dennoch lohnt es sich oft, die besonders wertvollen Materialien vorgängig zur mechanischen Verarbeitung manuell zu entnehmen. Auch die Schadstoffentfrachtung erfolgt zum grossen Teil manuell. So werden zum Beispiel Kondensatoren aus Haushaltsgrossgeräten herausgenommen, Batterien aus Elektronikgeräten entfernt oder die Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen, Scannern und Kopiergeräten ausgebaut. Die Schadstoffentfrachtung und der Umgang mit den Schadstoffen muss dabei stetig den veränderten Technologien und neusten Erkenntnissen angepasst werden. Dennoch müssen die Betriebe in der Lage sein, Geräte

Total verarbeiteter elektrischer und elektronischer Geräte in der Schweiz in Tonnen aus der Stoffflusserhebung

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
2014	29'400	17'200	23'900	52'000	1'100	3'000	126'600
Veränderung gegenüber Vorjahr	-4%	3%	7%	-2%	0%	-25%	-1%

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

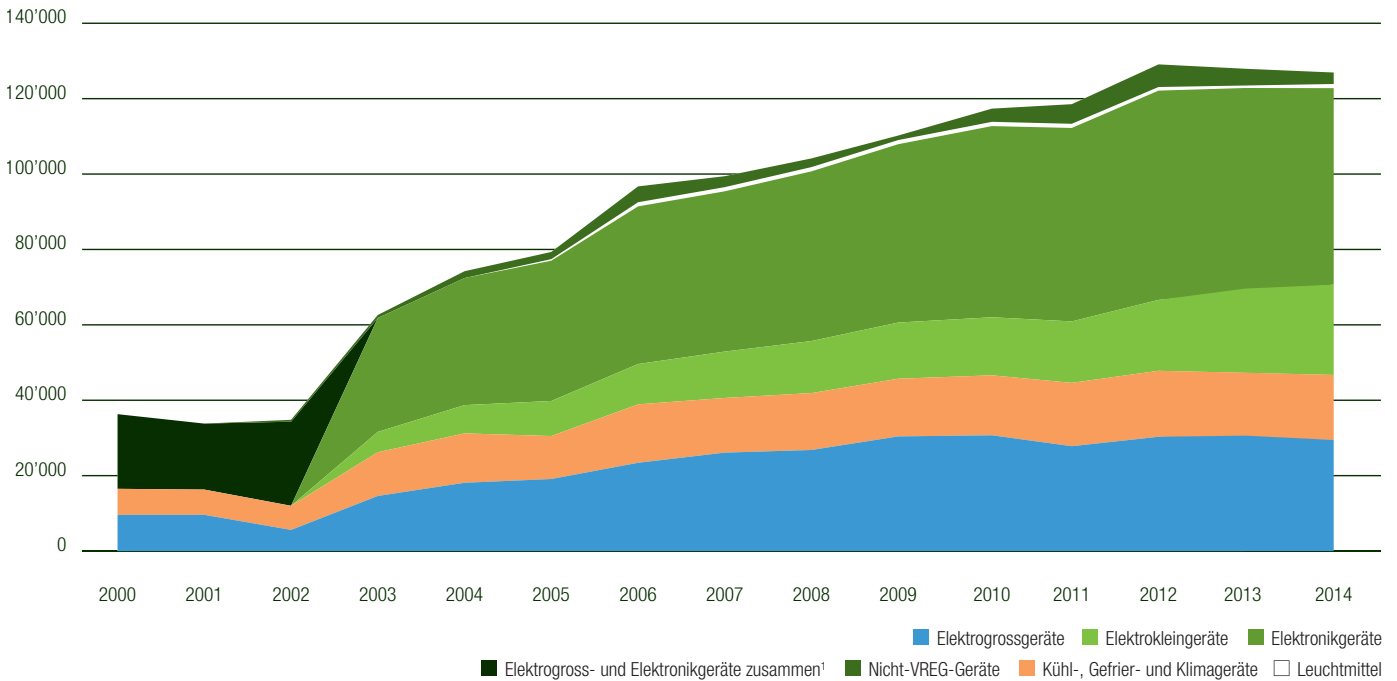
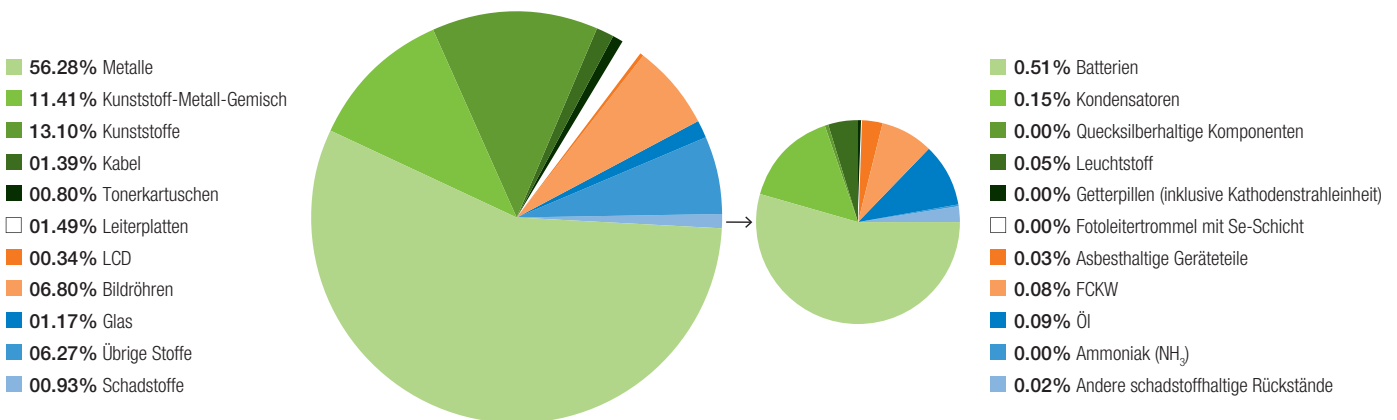


Abbildung 2: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2014



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

Tabelle 2: Gesammelte Swico-Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp

	Anzahl ⁹	Ø-Gewicht	Metalle	Kunststoffe	Metall-Kunststoff-Gemische	Kabel	Glas- und/oder LCD-Module	Leiterplatten	Schadstoffe	Weiteres ¹⁰	Total	Zu-/Abnahme gegenüber 2013
PC-Monitore, CRT	138'000	17kg	340t	461t	220t	60t	1'013t	212t	0.1t	11t	2'316t	-25%
PC-Monitore, LCD	491'000	6.3kg	1'329t	744t		12t	783t	216t	10.1t	14t	3'108t	16%
PCs / Server	415'000	13kg	4'350t	304t	14t	162t		441t	17t		5'288t	7.5%
Notebooks	395'000	3.1kg	374t	348t	126t	6.3t	109t	179t	85t	5.1t	1'232t	1.1%
Drucker	499'000	10kg	1'700t	2'580t	295t	26t	33t	84t	1.5t	78t	4'798t	-2.6%
Grosskopierer / Grossgeräte	44'000	169kg	4'011t	245t	2'681t	134t	4.4t	54t	60t	179t	7'368t	7%
IT, gemischt ⁷	472'000	8.3kg	2'138t	126t	1'442t	72t	1.7t	28t	32t	94t	3'932t	6%
CRT-Fernseher	467'000	28kg	1'292t	2'681t	436t	46t	8'478t	160t	13t	7.1t	13'112t	5.2%
LCD-Fernseher	156'000	16kg	1'018t	366t		49t	634t	301t	23t	85t	2'476t	14%
UE, gemischt ⁸	2'662'000	4.4kg	6'379t	375t	4'302t	214t	5.1t	82t	95t	281t	11'733t	17%
Telefone, mobil	685'000	0.16kg	18t	39t			5.7t	25t	22t		110t	16%
Telefone, Rest	1'533'000	1.9kg	1'583t	93t	1'068t	53t	1.3t	20t	24t	70t	2'912t	1%
Foto / Video	279'000	0.6kg	91t	5.3t	61t	3.0t	0.1t	1.2t	1.3t	4.0t	167t	2.4%
Dental											65t	-7.1%
Total in Tonnen			24'622t	8'367t	10'644t	837t	11'067t	1'804t	383t	829t	58'617t¹¹	6%
Total in Prozent			42%	14%	18%	1.4%	19%	3.1%	0.7%	1.4%	100%	

aller Generationen mit den jeweiligen Schadstoffen anzunehmen, zu entfrachten und umweltgerecht zu entsorgen, was an die Arbeit der Recyclingbetriebe hohe Anforderungen stellt und hochstehende Qualitätssicherungssysteme voraussetzt.

Unveränderte Verwertungsquote

Die entstehenden Wertstofffraktionen werden nach Möglichkeiten stofflich oder thermisch verwertet. Metalle werden in grossen, meist europäischen Schmelzwerken zurückgewonnen. Metall-Kunststoffgemische gehen rund zur Hälfte in eine weitere Aufbereitung, bei der eine Trennung in reine Metall- und Kunststofffraktionen erfolgt, die andere Hälfte wird in Verbrennungsanlagen thermisch verwertet. Kunststoffe wurden im Jahr 2014 zu ca. 75% einer stofflichen Verwertung zugeführt. Weiter verarbeitet

werden Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien. Dies führt insgesamt wiederum zu einer stofflichen Verwertungsquote von rund 75%.

Rücknahme und Zusammensetzung von Elektronikgeräten

Auf der Basis von Warenkorbanalysen und gezielten Verarbeitungsversuchen bestimmter Produktgruppen macht Swico Recycling eine detaillierte Untersuchung der Rücknahmemengen an Elektronikgeräten und ihrer Zusammensetzung (Tabelle 2). Im Jahr 2014 hat Swico Recycling 58'617 Tonnen¹¹ Elektronikgeräte zurückgenommen, 6% mehr als im Vorjahr.

Im Vergleich zum Vorjahr hat die Menge an zurückgenommenen Flachbildschirmen um 16%

(Monitore) und 14% (TV-Geräte) zugenommen. Auch der Rücklauf von Mobiltelefonen und Smartphones konnte um 16% gesteigert werden. Stark abgenommen hat weiterhin die Rücknahme von CRT-Computer-Monitoren (-25%). Der Rücklauf von CRT-Fernsehgeräten ist jedoch wieder leicht angestiegen, was mit der Fussballweltmeisterschaft 2014 und den damit verbundenen TV-Verkäufen erklärt werden kann.

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 aus der Verarbeitung resultierenden Fraktionen werden gewogen und dokumentiert.

⁷ IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PC / Server, Laptops, Drucker, Grosskopierer / Grossgeräte.

⁸ Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte.

⁹ Hochrechnung.

¹⁰ Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen.

¹¹ Diese Zahl ist grösser als die 52'000 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Rückgewinnung und Zerstörung von Kälte- und Treibmitteln

Der im Kühlgeräterecycling seit geraumer Zeit beobachtete Trend weg von den Ozonschicht abbauenden Fluorchlorkohlenwasserstoffen (VFC), hin zu den mit Kohlenwasserstoffen (VHC) betriebenen resp. geschäumten Geräten setzte sich auch im vergangenen Jahr im erwarteten Rahmen fort. So waren 2014 von den insgesamt 350'000 durch die vier Recyclingbetriebe Kühlteg AG, RUAG Environment AG, Oeko-Service Schweiz AG und Solenthaler Recycling AG rückproduzierten Geräte (17'300 Tonnen) bereits 53% solche mit VHC-Kompressor und bereits 60% vom Typ mit HC-geschäumter PU-Isolation.

Die Atmosphäre dankt

Beim Kühlgeräterecycling werden die in den Altgeräten enthaltenen Kälte- und Treibmittel nicht freigesetzt, sondern kontrolliert zerstört. Durch die Hochtemperaturverbrennung der Gase wird die Atmosphäre einerseits vor den Ozonschicht abbauenden Substanzen geschützt und andererseits wird dem Treibhauseffekt entgegengewirkt: Die Menge des durch die Rückgewinnung und anschliessende Verbrennung eingesparten Treibhausgases beträgt im aktuellen Erhebungsjahr rund 440'000 Tonnen CO₂-Äquivalente. Diese Menge CO₂ stossen 75'000 Personenwagen aus, welche je einmal um die Erde fahren.

VHC hat VFC auch bei den Kompressoren überholt

Bereits seit dem Jahr 2000 ist hinsichtlich des Verhältnisses von VFC- (volatile fluorocarbons) zu VHC- (volatile hydrocarbons) geschäumten Gerätegehäusen eine klare Zunahme zugunsten des VHC-Isolationsschaums zu verzeichnen. Hier fand das «Überholmanöver» während des Erhebungsjahrs 2012 statt; aktuell besteht bei 60% aller ins Recycling gelangenden Kühlgeräte die Isolation aus VHC-geschäumtem Polyurethan (PU).

Seit 2003 vollzieht sich ein analoger Trend bei den VFC- resp. VHC-betriebenen Kompressoren: Lagen im Erhebungsjahr 2013 die zwei Typen erstmals gleichauf, hat sich der Trend klar fortgesetzt. So waren 2014 bereits 53% der auf Stufe 1 rezyklierten Geräte mit VHC-Kompressor ausgestattet (+ 4%). Damit ist der im letztjährigen Fachbericht prognostizierte Anstieg

auf zwei Drittel aller Geräte etwas flacher verlaufen. Der im Vergleich zur Entwicklung bei den VHC-Isolationsschäumen verzögerte Anstieg bei den VHC-betriebenen Kompressoren liegt in der vorübergehend erhöhten Verwendung des ozonschichtunschädlichen, jedoch immer noch treibhausaktiven R-134a, welches ebenfalls den VFC zugerechnet wird.

Ammoniak-haltige Absorbersysteme machen nach wie vor rund 4% aller Geräte aus. Vgl. Abb. 1.

Tiefere Rückgewinnungsmengen als Spiegel des Gerätemixes

Der inputseitige Rückgang der VFC-Geräte sowohl auf Stufe 1 (Rückgewinnung der Kältemittel aus den Kompressoren) als auch auf Stufe 2 (Rückgewinnung der Treibmittel aus den Isolationsschäumen) wird folgerichtig auch im Output festgestellt. Die sehr viel tieferen VHC-Einfüllgewichte und VHC-Konzentrationen in der Isolation in Verbindung mit dem geringeren spezifischen Gewicht von Isobutan resp. Cyclopentan im Vergleich zu den herkömmlichen VFC wirken sich auch auf die rückzugewinnenden Mengen aus.

Abbildung 1: Entwicklung der auf Stufe 1 (VFC- und VHC-haltige Kompressoren, Ammoniak-haltige Absorbersysteme) und Stufe 2 behandelten Gerätetypen (VFC- und VHC-haltiger PU-Isolationsschaum)

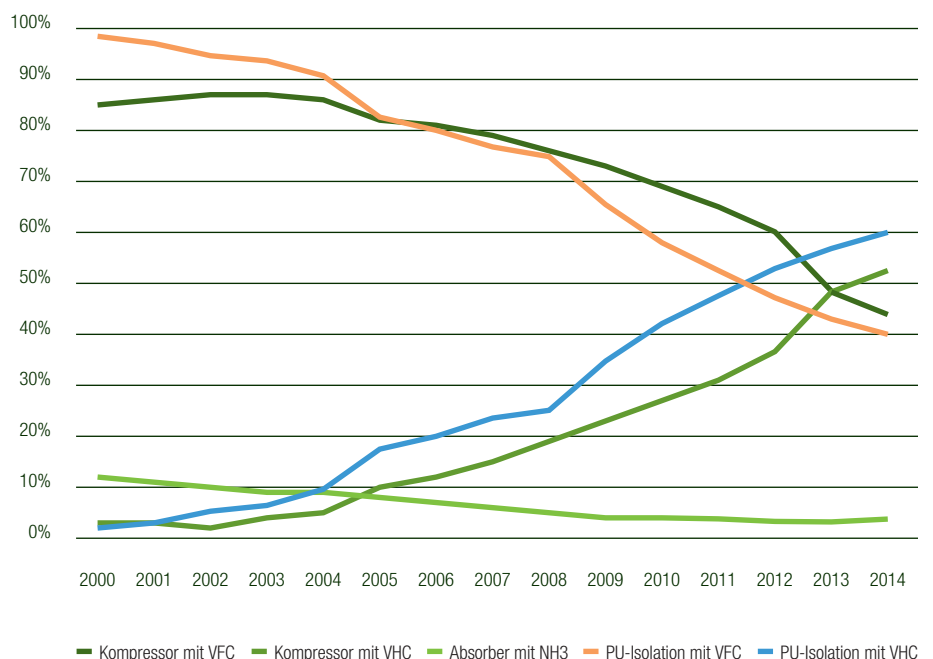
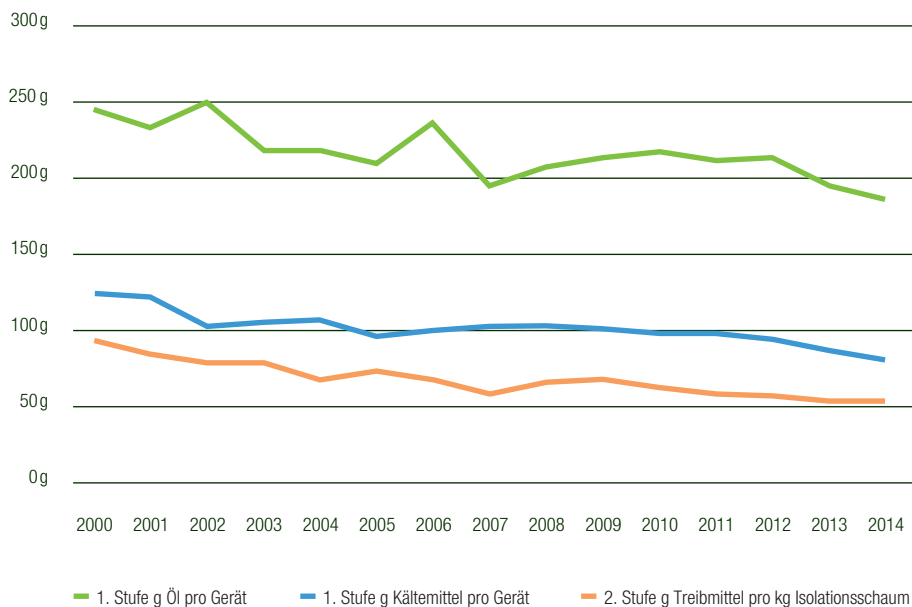


Abbildung 2: Entwicklung der Rückgewinnungsmengen auf Stufe 1 (Gramm Kältemittel und Öl pro Gerät) resp. Stufe 2 (Gramm Treibmittel pro Kilogramm Isolationsschaum)



Konnten 2013 auf Stufe 1 noch 88 g Kältemittel aus jedem Kompressor abgesaugt werden, waren es 2014 noch 81 g (-8%), während die Ölmenge von 195 auf aktuell 186 g sank (-5%). Letzterer Wert deutet darauf hin, dass bei den HC-Kompressoren die Einfüllmenge nicht nur des Kältemittels, sondern auch des Öls geringer ist.

Auf Stufe 2 wurden um die Jahrtausendwende noch Mengen über 80 g pro Kilogramm PU zurückgewonnen, danach sank diese Zahl kontinuierlich (kurzfristige Erhöhungen bei der Rückgewinnung in den Jahren 2005 und 2009 sind auf die Inbetriebnahmen neuer Anlagenteile mit höherer Leistung zu verstehen). 2012 lag der Durchschnittswert bereits bei 58 g und 2013 bei 54 g. Im aktuellen Erhebungsjahr änderte dieser Wert mit 55 g praktisch nicht (vgl. Abb. 2). Die Datenlage ist konsistent mit einem moderaten Anstieg in den HC-Gehäusestückzahlen bei gleichzeitigem leichtem Rückgang des spezifischen Gewichts des Treibmittelgemischs (Annahme 85 g VFC resp. 38 g VHC pro Kilogramm PU-Schaum, gemäss eigenen Analysen und Herstellerangaben).

In der Annahme, dass End-of-life-VFC-Geräte dereinst ganz aus dem Recycling verschwinden werden, kann mit einer künftigen weiteren Reduktion der Rückgewinnungsmengen gerechnet werden. Bis das letzte VFC-Gerät auf den hohen Qualitätsansprüchen

genügenden Schweizer Anlagen behandelt worden ist, werden noch einige Jahre vergehen. Bis dahin bleibt die gemischte Verarbeitung von VFC- und VHC-Geräten Stand der Technik.

Geplante Anwendung der Anforderungen aus dem CENELEC-Standard

In naher Zukunft wird auch in der Schweiz der CENELEC-Standard EN 50625-2-3¹² für das Kühlgeräterecycling zur Anwendung kommen und die bisher gültige technische Richtlinie gemäss SENS ablösen. Das neue Regelwerk favorisiert eine weiterhin stattfindende gemeinsame Verarbeitung von VFC- und VHC-Geräten, welche auch aus Sicht von SENS dem Anspruch nach einer ökologisch hochstehenden Lösung am gerechtesten wird. Würde dennoch von Recyclern eine separate Verarbeitung der VHC-Geräten angestrebt, wären die Anforderungen gemäss CENELEC-Standard sehr hoch: So müsste das VHC in jedem Fall vom Isolationsschaum getrennt zurückgewonnen werden; die Rückgewinnungsmenge wäre auch zu quantifizieren. Bei jedem VHC-Gerät müsste mittels eines geeigneten Verfahrens der Nachweis «VFC-frei» erbracht werden. Zudem wäre auch im Abluftstrom nachzuweisen, dass kein VFC emittiert wird, was die Anschaffung akkurater Messgeräte bedingt.

¹² EN 50625-2-3: Collection, logistics & treatment requirements for WEEE – Part 2-3: Treatment requirements for temperature exchange equipment

Lithium-Batterien in Elektroaltgeräten

Seit Januar ist das überarbeitete «Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse» (ADR) in Kraft. Dieses verlangt besondere Vorsicht im Umgang mit Batterien, die Lithium enthalten. Daraus ergeben sich eine Reihe von Anforderungen an das Sammeln und Transportieren von Elektroaltgeräten, welche Lithium-Batterien enthalten.

Im Fachbericht 2014 wurde im Beitrag «Lithium-Ionen-Batterien und ihre Entsorgung» der Aufbau und die Funktionsweise sowie die sich daraus ergebenden Sicherheitsregeln für Li-Ionen Batterien dargestellt:

- Verhinderung innerer und äusserer Kurzschlüsse
- umgehende fachgerechte Entsorgung beschädigter Produkte
- Einhaltung aller Vorgaben der jeweiligen Hersteller und Sicherheitsdatenblätter

Zur Vermeidung von Bränden durch Lithium-Ionen-Batterien muss generell vorsichtiger mit Elektro- und Elektronikaltgeräten umgegangen werden. Das heisst:

- [geringe] mechanische Belastung der Geräte bei der Sammlung
- [schonendes] Entladen der Sammelbehälter...
- Verpackung der Batterien gemäss ADR-Vorschriften

Die letzte Anforderung wurde im Hinblick auf die Umsetzung des ADR 2015 zum Anlass genommen, die Rechtskonformität der bestehenden Praxis in der Schweiz zu überprüfen. Dazu riefen Swico, SENS und Inobat letzten Herbst eine Arbeitsgruppe «LIB in WEEE» (Lithium-Batterien in Elektroaltgeräten) ins Leben. Diese hatte zur Aufgabe die Auswirkungen des revidierten ADR auf die Schweizer Rücknahmesysteme zu untersuchen und Schlussfolgerungen zuhanden der Geschäftsleitungen abzugeben. Die von der Empa geleitete Arbeitsgruppe setzte sich aus Vertretern der drei Systeme und Vertretern von Recycling-Betrieben zusammen und arbeitete in diesem

Thema eng mit dem ASTRA zusammen. Gegenwärtig sind weltweit, insbesondere im EU-Raum, intensive Debatten im Gange, wie Li-haltige Elektroaltgeräte im Betriebsalltag zu behandeln sind. Die Arbeitsgruppe ist in diese Debatten eingebunden. Als Grundlage wurde von Swiss TS Technical Services AG eine Expertise erstellt. Die Arbeiten werden voraussichtlich Ende März abgeschlossen sein. Damit entspricht der hier berichtete Stand (Mitte März) der Arbeiten unter Umständen noch nicht der Schlussversion.

Die neueste ADR-Version ist keineswegs die Erste, welche LIB als potenziell gefährliche Gegenstände einstuft, aber ihre Handhabung wurde nun vereinfacht und gestrafft. Lithium-Batterien sind weiterhin der Klasse 9 «Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände» und der Verpackungsgruppe II «Stoffe mit mittlerer Gefahr» zugeteilt.

Im ADR wird zwischen Lithium-Zellen (Li-Metall- oder Li-Ionen-haltige), aus mehreren Zellen bestehende Lithium-Batterien, und Ausrüstungen, welche kurzgefasst LIB enthalten, unterschieden. Primäre Li-Zellen (nicht wieder aufladbar) enthalten ausschliesslich metallisches oder legiertes Lithium (z.B. Knopfzellen), sekundäre, wieder aufladbare Li-Zellen operieren gegenwärtig nur mit Li-Ionen, um zu verhindern, dass bei einer Verletzung der Zellohülle aus Luft oder Wasser eindringender Sauerstoff heftig mit elementarem Lithium reagiert. Der massgebende Schwellenwert für die Gefahrgutbestimmungen des ADR ist die enthaltene Lithiummasse bei Primärzellen bzw. die speicherbare Nennenergie bei Sekundärzellen, d. h. ein Schwellenwert gemessen in Gramm bzw. in Wattstunden. Weiter wird unterschieden, ob LIB in loser Form oder in Ausrüstungen eingebaut und ob sie noch intakt oder beschädigt / defekt sind.

Gesetzliche Grundlagen

Die am Gefahrgutprozess Beteiligten (Absender, Verpacker, Verlader, Beförderer, Entlader und Empfänger) haften persönlich für die Einhaltung der im ADR zugewiesenen Pflichten. Insbesondere gilt dies für Sammelstellen, welche die nach den Vorschriften korrekte Klassifizierung, Verpackung und Kennzeichnung sowie die Ausstellung der allenfalls benötigten Beförderungspapiere verantworten. Die Rolle der Systembetreiber besteht bezüglich ADR darin, die Beteiligten bei der Wahrung der Rechtskonformität aller Gefahrgutprozesse zu unterstützen.

Elektroaltgeräte (EAG), welche LIB enthalten, sind gemäss den aktuell geltenden Gefahrgutbestimmungen des ADR wie folgt klassifiziert:

- UN 3481 LITHIUM-IONEN-BATTERIEN IN AUSTRÜSTUNGEN
- UN 3091 LITHIUM-METALL-BATTERIEN IN AUSTRÜSTUNGEN
- u.U. teilweise freigestellt von den Gefahrgutbestimmungen

Lose LIB, also nicht in Elektroaltgeräten eingebaut, sind in UN 3480 LITHIUM-IONEN-BATTERIEN und UN 3090 LITHIUM-METALL-BATTERIEN klassiert.

Die zugehörigen Sondervorschriften und Verpackungsvorschriften sind SV 188, 230, 310, 348, 360, **376, 377, 636** (Kapitel 3.3 ADR) und P 903, **908, 909**, LP 903, 904; die für lithiumhaltige EAG Relevanten sind fett dargestellt.

Daraus ergibt sich folgendes Klassierungsschema (gemäss ASTRA) für nicht beschädigte/defekte LIB:

Li-Metall- bzw. Li-Ionen-Zellen[Batterien, lose oder eingebaut,
zur Entsorgung oder zum Recycling



Für beschädigte / defekte Li-Zellen und Lithium-Batterien gilt generell die Sondervorschrift SV 376¹³ und die Verpackungsanweisung P 908¹⁴ bzw. LP 904¹⁵ sowie die Kennzeichnung BESCHÄDIGTE/ DEFEKTE LITHIUM-IONEN-BATTERIEN und/oder BESCHÄDIGTE/DEFEKTE LITHIUM-METALL-BATTERIEN und zusätzlich die entsprechenden Gefahrzettel, UN-Nummern und Beförderungspapiere.

Durch diese gesetzlichen Vorgaben ist für die Sammlung und den Transport von lithiumhaltigen EAG Folgendes unzulässig:

- Der Transport von Elektroaltgeräten mit lithiumhaltigen Batterien in loser Schüttung in Containern ist nicht zulässig, da für beide UN-Nummern (UN 3091 und UN 3481) die Beförderung in loser Schüttung nicht vorgesehen und daher nicht zulässig ist.
- Ein Verdichten sowie ein Umschütten der Elektroaltgeräte ist aufgrund einer möglichen Beschädigung ihrer Gehäuse und der damit verbundenen möglichen Beschädigung der LIB nicht zulässig.

Hingegen ergeben sich verschiedene gesetzeskonforme Möglichkeiten für die Verpackung und den Transport:

Transport gemäss Sondervorschrift 636

Enthalten die zu entsorgenden Elektroaltgeräte lediglich LIB mit einer Einzelmasse von weniger als 500 g oder solche, die weniger als 1g/2g Lithium bzw. 20Wh/100Wh pro Zelle/Batterie enthalten,¹⁶ sind sie freigestellt, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Anwendung der Verpackungsanweisung P909 (siehe folgender Abschnitt)
- Anwendung eines Qualitätsmanagementsystems (QS), welches sicherstellt, dass die Gesamtmasse an LIB je Beförderungseinheit 333 kg nicht überschreitet.
- Kennzeichnung der Verpackung mit dem Text «Lithium-Batterien zur Entsorgung» oder «Lithium-Batterien zum Recycling»

Vorteile: Es muss kein kennzeichnungspflichtiges Fahrzeug verwendet und damit kein ADR-Transport

durchgeführt werden. Auch die Bestellung eines Gefahrgutbeauftragten entfällt. Da es sich um ak-Abfälle handelt, ist kein VEVA-Begleitschein notwendig. Es empfiehlt sich auf dem Lieferschein den Texteintrag «Freigestellt gemäss SV 636» zu vermerken.

Nachteile: Zur praktischen Anwendung dieser Sondervorschrift müsste ein Gerätekatalog als Entscheidungshilfe für die Sammelstellen erstellt werden. Diese müssten einerseits entsprechende Elektroaltgeräte nach LIB-Inhalten aussortieren und ein QS einführen, welches die Einhaltung der maximalen LIB-Masse auf 333 kg pro Beförderungseinheit garantiert. Dazu kann die berechnete Gesamtmenge verwendet werden, wie folgende Überschlagsrechnung zeigt: in einem kompletten Hängerzug mit 32 Stellplätzen und 250 kg pro Palette ist die Elektroaltgerätemasse höchstens 8'000 kg. Die 333 kg Freimenge entspräche dann einem LIB-Massenanteil von maximal 4 %. Falls dies bei der heutigen EAG-Mischung generell eingehalten würde, könnte dies als gegeben erklärt werden, und ein aufwändiger QS Prozess könnte entfallen. Dafür müssten jedoch z. B. die Warenkorbanalysen der



Abbildung 1: Elektroaltgeräte die von grosser Höhe aus Sammelboxen in einen Transportcontainer umgeschüttet wurden. Es ist deutlich zu sehen, dass Elektroaltgeräte aufplatzen und dabei können LIB sogar herausgeschleudert und beschädigt werden.



Abbildung 2: SBB-Holzpaletten mit -Rahmen an einer Swico Sammelstelle. Um Beschädigungen zu vermeiden, dürfen die eingefüllten EAG die höchstens drei gestapelten Rahmen nicht überragen.

Systembetreiber nachweisen, dass diese 4%-Grenze eingehalten werden kann.

Transport gemäss Sondervorschrift 377

Enthalten die zu entsorgenden EAG keine beschädigten/defekten LIB, kann mit P909 transportiert werden, falls Folgendes eingehalten ist:

- unverpackt oder Paletten mit Palettrahmen ohne Deckel z.B. Kunststoffpaloxen, mit Kunststofffolien/Big-Bags ausgekleidete Metallgitter. Hierbei muss sichergestellt sein, dass kein Ladegut den Palettenrahmen überragt und kein Ladegut unten durch die Palette fällt. Die Anzahl an übereinander gestapelten Palettenrahmen darf maximal so hoch sein, dass auch die zuunterst liegenden Gehäuse der Elektrogeräte nicht zerdrückt werden.
- oder Verwendung einer widerstandsfähigen Aussenverpackung¹⁷ aus einem geeigneten festen Werkstoff, wobei die Verpackung nicht bauartzugelassen sein muss.

Weiterhin ist zu beachten, dass

- die Batterien durch die Ausrüstung ausreichend geschützt sind (keine defekten Gehäuse)
- eine übermässige Bewegung des Ladegutes verhindert wird (Ladungssicherung)
- die Palette/Verpackung mit dem Text «Lithiumbatterien zur Entsorgung» oder «Lithiumbatterien zum Recycling» sowie dem Gefahrezettel Nr. 9 und den/der UN-Nummer(n) UN 3091/UN 3481¹⁸ gemäss ADR gekennzeichnet ist

Vorteile: keine Überforderung der Sammelstellen durch QS und Sortieraufgaben.

Nachteile: kann eine Überschreitung der 333 kg Freimenge nicht generell garantiert werden, ist der Transport mit einem kennzeichnungspflichtigen

Fahrzeug (ADR-Transport oberhalb der Freigrenze) durchzuführen. In diesem Fall ist ein Gefahrgutbeauftragter zu bestellen. In jedem Fall ist ein Beförderungspapier für UN 3091 und UN 3481 zu erstellen.

Transport gemäss Sondervorschrift 376

LIB, bei denen festgestellt wurde, dass diese beschädigt oder defekt sind, müssen gemäss den SV 376 sowie der Verpackungsanweisung P 908 verpackt und befördert werden. Bei einem intakten, ungeöffneten Elektrogerät kann jedoch die Unversehrtheit kaum festgestellt werden. Daher ist eine Umsetzung in der täglichen Praxis wohl nicht möglich. Deswegen sollten Tests z. B. Stichprobenuntersuchungen bei der Warenkorbanalyse der Systembetreiber den Zustand der verbauten LIB erfassen, um daraus mögliche Ereignisrisiken abzuschätzen.

Vorläufige Schlussfolgerungen

Für die Praxis bedeutet diese rechtskonforme Klassierung eine Umstellung bei der Sammlung von lithiumhaltigen EAG in z.B. Palettenrahmen, wie dies heutzutage bereits bei Bildschirmen der Fall ist. Durch den Einsatz wesentlich kleinerer Verpackungseinheiten werden einerseits die Fallhöhe sowie andererseits der Druck auf die Gehäuse deutlich reduziert. Durch diese Massnahme bleiben die Lithiumbatterien ausreichend durch die Gehäuse geschützt und das Risiko eines Schwell- oder Vollbrandes kann deutlich reduziert werden.

Die breite Öffentlichkeit nimmt die mögliche Gefährdung durch Lithiumbatterien noch ungenügend wahr. Die Tatsache, dass die meisten von uns ständig mobile Geräte mit Lithiumbatterien verwenden und es im Alltag äusserst selten zu Zwischenfällen kommt, zeigt einerseits wie sicher diese Technologie im Gebrauch ist, führt andererseits aber zu teilweise

achtlosem Umgang. Gerade bei der Entsorgung dieser Geräte können die Lithiumbatterien «ausserhalb ihrer Spezifikationen» behandelt werden und zeigen dann, was sie sind: Kraftwerke mit grosser Energie- und Leistungsdichte, die spielend alles brennbare entflammen können. Wir müssen lernen (wie wir es z. B. auch bei Spraydosen mussten), dass Batterien immer, besonders in der Entsorgung, achtsam behandelt werden müssen.

¹³ SV 376: Defekt festgestellt, weitere anwendbare SV beachten. Bei gefährlicher Reaktion Beförderungsbedingungen der Behörde)

¹⁴ P 908: Fässer, Kisten, Kanister VG II; einzeln in Innenverpackung verpackt, wenn ≥ 30 kg, dann nur 1 Zelle/Batterie pro Aussenverpackung; Innenverpackung mit Wärmeschutz, evtl. Entlüftung und Vibrationsschutz; Schutz gegen Kurzschluss)

¹⁵ LP 904: Grossverpackungen VG II, einzeln in Innenverpackung

¹⁶ Da heutige LIB max. Energiedichten von über 100 Wh/kg erreichen, ist die ebenfalls geltende höchstzulässige Bruttomasse von 500 g pro LIB zweitrangig. Bei Li-Metall-Zellen/-Batterien hingegen wird mit bis zu 4.5% Li Massenanteil die Schwelle schon bei unter 25-g-Zellen bzw. 50-g-Batterien erreicht!

¹⁷ Verpackungen mit vollflächig geschlossenen Wänden

¹⁸ Da Li-Metall-LIB kaum ausschliessbar sind, werden meist wohl beide UN-Nummern benötigt.

Indium und Neodym: Ist ein Recycling sinnvoll?

Seit 2013 läuft das vom Bundesamt für Umwelt, BAFU, im Rahmen der Förderung innovativer Umwelttechnologien finanzierte Projekt E-Recmet. Das Projekt befasst sich mit der Frage der Rückgewinnung kritischer Metalle aus Elektronikschrott (siehe auch Fachbericht 2013). Im Fokus stehen die u.a. in Displays resp. in Magneten vorhandenen Elemente Indium und Neodym, welche als geologisch selten und als kritisch bezüglich der künftigen Versorgung gelten. Die Kernfrage des Projektes lautet: Ist eine Rückgewinnung von Indium und Neodym technisch machbar, wirtschaftlich tragbar und ökologisch sinnvoll und sollen im Recycling von Elektroaltgeräten diese seltenen Metalle zurückgewonnen werden?

Die Rückgewinnung kritischer Metalle insbesondere aus Elektro- und Elektronikaltgeräten ist in aller Munde: Der Gesetzgeber fordert sie, die Medien nehmen das Thema regelmässig auf und die Forschung erlebt einen eigentlichen Boom an Projekten zur Untersuchung der Mengen und Bedeutung dieser Metalle in den Produkten und zu deren Rückgewinnung. Da der jährlich steigende Fluss von Elektro- und Elektronikaltgeräten in der Entsorgung vergleichbar ist mit einer rohstoffreichen Mine, stellt sich zwangsläufig die Frage, ob das Recycling auch für Metalle gefördert werden soll, bei welchen der Markt eine Rückgewinnung (noch) nicht rentabel macht: Trotz der Seltenheit und der steigenden Preise ist der Recyclingaufwand meist höher als der Ertrag aus der Rückgewinnung mit dem Resultat, dass diese Metalle verbraucht und als sekundäre Ressource für künftige Generationen kaum mehr verfügbar gemacht werden können.

Während sich die meisten Projekte der technischen Machbarkeit der Rückgewinnung kritischer Metalle widmen, hatte das Projekt E-Recmet einen umfassenderen Anspruch. Zwar wurde für die technische Machbarkeit der Rückgewinnung verschiedener kritischer Metalle nur die in der Schweiz stattfindende Vorbehandlung der Elektronikaltgeräte untersucht; zusätzlich wurden aber auch die Ökobilanz der Primär- und Sekundärgewinnung und die wirtschaftliche Tragbarkeit analysiert. In einem ersten Schritt wurden aus 31 seltenen und kritischen Metallen, welche in Elektronikkomponenten enthalten sind,

die seltenen Metalle Indium und Neodym ausgewählt und der weitere Projektablauf vertieft untersucht. Diese Metalle fungierten als Stellvertreter für die 31 Metalle. Ziel war es, anhand von 2 Fallstudien zu ermitteln, ob die Rückgewinnung technisch machbar, ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich tragbar ist.

Technische Machbarkeit

In der Schweiz werden Elektronikaltgeräte einer manuellen und mechanischen Vorbehandlung unterzogen. Die Weiterverarbeitung und Rückgewinnung einer grossen Anzahl von Metallen findet – mit der Ausnahme von Eisen – im europäischen Ausland statt. Ziel der Vorbehandlung ist es, aus einer ökonomisch und technisch optimierten Kombination von manueller Zerlegung und mechanischer Verarbeitung die besten Voraussetzungen zu schaffen, um die wichtigsten Metalle aus Elektronikschrott zurückgewinnen zu können. So werden heute von ca. 36 Metallen im Elektronikschrott in hochspezialisierten Schmelzwerken bereits ca. 17 Metalle zurückgewonnen. Nicht dazu gehören u.a. die seltenen Metalle Indium und Neodym. Die zentrale Frage in E-Recmet lautete deshalb: Wie sieht für diese Metalle die optimale Vorbehandlung aus, um eine Rückgewinnung zu ermöglichen?

Die Untersuchungen zeigten für den Fall von Indium, dass die manuelle Freilegung der indiumhaltigen LCD-Panels ein besseres Ausgangsmaterial herstellt, als die mechanische Verarbeitung ganzer Bildschirme, weil im mechanischen Prozess ein Teil

des Indiums verloren geht und sich der Rest zudem auf verschiedene Fraktionen verteilt. Die Rückgewinnungseffizienz ist dabei auf der Stufe der Vorbehandlung bereits deutlich schlechter, zudem weist das Ausgangsmaterial geringere Indiumgehalte auf, was die nachfolgenden Behandlungsschritte erschwert und deutlich verteuert. Die Indium-Rückgewinnung wird deshalb auf manuellen oder allenfalls halbautomatischen Vorbehandlungsschritten aufbauen müssen. Da die Flachbildschirme bereits heute manuell zerlegt werden, um die quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtungen zu entnehmen, wäre eine manuelle Vorbehandlung mit keinem zusätzlichen Aufwand verbunden.

Bei der Vorbehandlung von neodymhaltigen Komponenten von Elektronikaltgeräten hat sich gezeigt, dass der zeitliche Aufwand für die manuelle Freilegung der Magnete aus Laufwerken, Lautsprechern und Kopfhörern hoch ist. Versuche zur mechanischen Vorbehandlung konnten infolge fehlender Mittel im Rahmen des Projektes E-Recmet nur ansatzweise durchgeführt werden. Untersuchungen der Umtec an der Fachhochschule Rapperswil im Rahmen des noch laufenden Projektes Neorec lassen jedoch darauf schliessen, dass mittels einfacher mechanischer Verfahren eine Effizienzsteigerung möglich sein könnte.

Grundsätzlich ist für die Metalle Indium und Neodym die technische Machbarkeit der Rückgewinnung auf der Stufe der Vorbehandlung gegeben. Für die Zwischen- und Endbehandlung im industriellen Massstab sind jedoch noch einige Fragen zu klären, welche im Rahmen des Projektes E-Recmet nicht angegangen werden konnten. Dazu finden gegenwärtig vor allem in Deutschland und Japan verschiedene Forschungsprojekte statt. Vorversuche im Labor- und Pilotmassstab deuten auf eine Machbarkeit der Rückgewinnung von Indium und Neodym hin, dennoch kann diese heute noch nicht als gegeben angenommen werden. Die nächsten Jahre werden zeigen, ob die technische Machbarkeit entlang der gesamten Rückgewinnungskette gegeben ist.

Ökobilanz der Primär und Sekundärgewinnung

Mit Hilfe von Ökobilanzen wurde untersucht, wie sich die Umweltauswirkungen der Rückgewinnung von 1 kg Indium aus Flachbildschirmen und von 1 kg Neodym(oxid) aus Festplattenlaufwerken gegenüber den Umweltauswirkungen bei der Primärproduktion, also der Gewinnung dieser Metalle aus Mineralien, verhalten.

Dabei zeigte es sich, dass die Rückgewinnung von Indium mit vorangehender manueller Zerlegung etwas besser abschneidet als die heutige Primärproduktion (Indium wird als Nebenprodukt von Zink gewonnen), während die Rückgewinnung von Indium nach mechanischer Aufbereitung mit grösseren Umweltauswirkungen verbunden ist als die Primärproduktion. Sollte Indium in Zukunft nicht mehr wie heute als Nebenprodukt, sondern als Hauptprodukt gewonnen werden, etwa aufgrund einer starken Zunahme der Nachfrage durch die Wirtschaft, würde die Primärproduktion hingegen mit grossem Abstand schlechter abschneiden als beide Rückgewinnungsverfahren (manuelle Zerlegung bzw. maschinelle Aufbereitung der Flachbildschirme vor der nasschemischen Weiterverarbeitung).

Im Falle des Neodym(oxid)s ergab die Ökobilanz, dass sowohl die Rückgewinnung mit manueller Zerlegung der Festplattenlaufwerke als auch die mechanische Aufbereitung der Festplattenlaufwerke deutlich besser abschneiden. Die Umweltauswirkungen der Rückgewinnung von Neodym(oxid) aus Festplattenlaufwerken sind um bis zu 3 Grössenordnungen kleiner als die Umweltauswirkungen der Rückgewinnung von Indium aus Flachbildschirmen.

Wirtschaftliche Tragbarkeit

Die Fragen der Wirtschaftlichkeitsanalyse waren: (a) Wie würde sich die vorgezogene Recycling-Gebühr (vRG) verändern, wenn Swico in Zukunft Indium aus Bildschirmgeräten zurückgewinnen würde? (b) Was ist die potentiell zurückgewinnbare Indium-Menge aus Bildschirmgeräten? In Zusammenarbeit mit Swico und Empa führte die Berner Fachhochschule dazu eine Wirtschaftlichkeitsanalyse des Recyclings von Indium aus Flachbildschirmgeräten durch.

Die Analyse erstreckte sich über die Produktkategorien «TV-Monitor», «PC-Monitor» und «Laptop» und erfolgte mit Hilfe eines systemdynamischen Simulationsmodells. Um den bestehenden Unsicherheiten bei der Datenlage zur Indium-Rückgewinnung Rechnung zu tragen und den Einfluss einer Veränderung wichtiger Modellannahmen zu untersuchen, wurden insgesamt sieben Szenarien definiert. Tabelle 1 und Abbildung 1 geben eine Übersicht über eine Auswahl von Simulationsergebnissen.

Veränderung der vRG bei der Rückgewinnung von Indium

Eine vollständige Abdeckung der Kosten für das Indium-Recycling mit manueller Verarbeitung würde zu einer Erhöhung der vRG von ca. 0.19 CHF/Produkt bei TV-Monitoren, ca. 0.07 CHF/Produkt bei PC-Monitoren und ca. 0.08 CHF/Produkt bei Laptops führen (Szenario 1). Tabelle 1 zeigt zwei weitere Hauptszenarien und dazugehörige Unterszenarien. Eine mechanische Verarbeitung der Elektronikaltgeräte für das Indium-Recycling hätte vielfach höhere Kosten zur Folge als eine manuelle Verarbeitung.

Tabelle 1: Notwendige Veränderung der vRG zur Abdeckung der Kosten für ein Indium-Recycling

Veränderung der vRG (in CHF)	TV-Bildschirm	PC-Bildschirm	Laptop
Szenario 1: Art der Verarbeitung bei der Indium-Rückgewinnung			
Szenario 1a: 100% manuelle Verarbeitung	0.19	0.08	0.07
Szenario 1b: 100% mechanische Verarbeitung	3.52	1.44	1.28
Szenario 2: Kosten für das Recycling von Indium			
Szenario 2a: um 50% niedrigere Aufkonzentrierungskosten	0.06	0.03	0.02
Szenario 2b: um 200% höhere Aufkonzentrierungskosten	0.45	0.18	0.16
Szenario 3: Veränderung der Rückgabequote			
Szenario 3a: geringere Rückgabequote (normale Werte *80%)	0.15	0.06	0.06
Szenario 3b: geringere Rückgabequote (normale Werte *60%)	0.11	0.05	0.04

Menge des potentiell aus Bildschirmgeräten zurückgewinnbaren Indiums

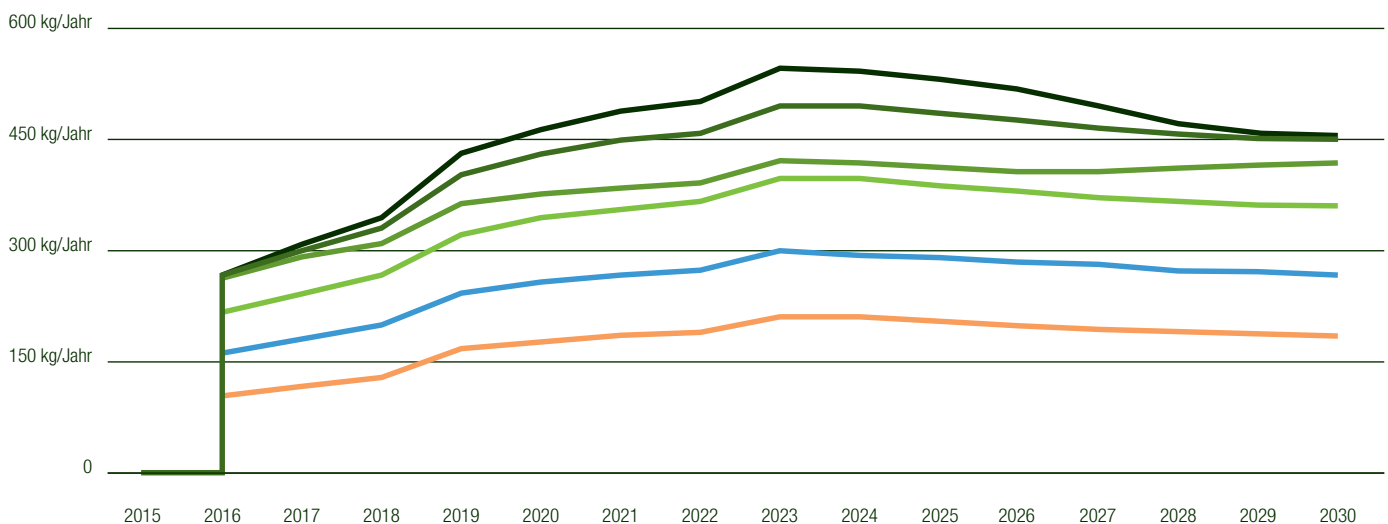
Die Szenarioanalysen zu den jährlichen Output-Mengen an reinem Indium betrachten den Zeitraum von 2016 bis 2030 (Abbildung 1). Bei einer vollständig manuellen Verarbeitung und einer hohen Rücklaufquote (80% bei Bildschirmen, 90% bei Laptops) können im Referenzjahr 2026 bis zu 475 kg reines Indium rezykliert werden (Szenario 1). Unter denselben Bedingungen würden bei einer mechanischen Verarbeitung im Jahr 2026 lediglich 200 kg zurückgewonnen werden können. Im Folgenden werden nur Szenarien mit manueller Verarbeitung betrachtet. Bei einer Verdopplung der Nutzungsdauer bei Bildschirmgeräten könnten 406 kg Indium/Jahr im Jahr 2026 (Szenario 4) zurückgewonnen werden, bei einer Halbierung der Nutzungsdauer 518 kg/Jahr. Wäre die Rücklaufquote um 20% bzw. 40% geringer, so würde das bei vollständiger manueller Verarbeitung zurückgewonnene Indium auf 380kg/Jahr bzw. 280kg/Jahr im Jahr 2026 sinken (Szenario 5).

Die Szenarioanalysen zeigen, dass bei einer manuellen Verarbeitung nur eine geringe Erhöhung der VRG (um ca. 0.2-0.5 CHF/Produkt) nötig wäre, um Indium aus Bildschirmgeräten zurückzugewinnen zu können. Die potenzielle Menge an zurückgewinnbarem Indium ab 2016 dürfte zwischen 300-400 kg pro Jahr liegen. Diese Ergebnisse sind vor dem Hintergrund der getroffenen Annahmen zu betrachten. Die Annahmen über die tatsächlichen Rückgewinnungskosten von Indium aus Fraktionen sind nicht bekannt und mussten somit geschätzt werden. Eine zweite wichtige Annahme bei der Analyse der wirtschaftlichen Tragbarkeit ist, dass die Rückgewinnung technisch machbar ist.

Ausblick

Das Projekt E-Recmet wird Mitte 2015 abgeschlossen. Die positiven Ergebnisse bestätigen, dass ein Recycling von Indium und Neodym ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich tragbar wäre. Jedoch sind die Rahmenbedingungen auf der technischen Seite noch nicht vollständig gegeben. Die Resultate des Projektes E-Recmet werden die Recyclingstrategie von Swico somit noch nicht beeinflussen. Bei positiven Entwicklungen zur technischen Machbarkeit werden Swico und die Konventionsunterzeichner (Hersteller, Importeure, Handel) jedoch mittelfristig vor der Frage stehen, welchen Beitrag die Systeme bei der Rückgewinnung kritischer Metalle, welche nicht kostendeckend zurückgewonnen werden können, leisten können.

Abbildung 1: Entwicklung der zurückgewonnenen Indium-Mengen in simulierten Szenarien



- Gesamtmenge Output reines Indium/ Szenario 1a: 100% manuelle Verarbeitung
- Gesamtmenge Output reines Indium/ Szenario 1b: 100% chemische Verarbeitung
- Gesamtmenge Output reines Indium/ Szenario 4a: Halbierung der Nutzungsdauer der Produkte von 2016 bis 2026
- Gesamtmenge Output reines Indium/ Szenario 4b: Verdopplung der Nutzungsdauer der Produkte von 2016 bis 2026
- Gesamtmenge Output reines Indium/ Szenario 5a: geringere Rückgabequote (normale Werte x 80%)
- Gesamtmenge Output reines Indium/ Szenario 5b: geringere Rückgabequote (normale Werte x 60%)

Ist die Schweiz im Recycling von Elektronikschrott eine Preisinsel?

Entsorgung par excellence

Die Schweiz, die über langjährig etablierte Rücknahme- und Recycling-Systeme für ausrangierte Elektro- und Elektronikgeräte (WEEE) verfügt, erzielte 2013 eine Sammelquote von 16,87 kg/Einwohner, die weltweit zu den höchsten zählt. Bei einem

Vergleich mit den aktuell verfügbaren Zahlen für die Nachbarländer Österreich, Frankreich, Deutschland und Italien ist die in der Schweiz durchgeführte Sammlung bei weitem die kompetenteste. Verglichen mit den Niederlanden und Schweden, die beide ähnlich langeingeführte Systeme haben, nehmen alle

Schweizer Systeme zusammengenommen doppelt so viel zurück wie die niederländischen Systeme und kommen damit hinter Schweden mit einer Sammelquote von 17,64 kg/Einwohner auf den zweiten Platz.

	Schweiz	Österreich	Frankreich	Deutschland	Italien	Niederlande	Schweden
Bevölkerung [Millionen]	8,03	8,41	65,58	80,33	59,39	16,78	9,55
Gesamtmenge an entsorgten WEEE in [1000 Tonnen]	135,57 ¹	77,40 ³	455,21 ³	690,71 ³	497,38 ³	133,69 ²	168,61 ³
Pro Kopf entsorgte Menge an WEEE [kg/Einw.]	16,87	9,21	6,94	8,60	8,37	7,96	17,64

Quellen:

Bevölkerung: Eurostat

Die Gesamtmenge an entsorgten WEEE beinhaltet alle 10 WEEE-Richtlinienkategorien

¹ Daten aus dem Jahr 2013. Aus den Jahresberichten von Swico, Sens und SLRS 2013

² Daten für das Jahr 2013. Aus dem Wecycle-Jahresbericht (Kengetallen en jaarrekening 2013)

³ Daten für das Jahr 2012. Daten für Frankreich, Schweden, Italien, Deutschland und Österreich von Eurostat

Zwischen allen Fronten

Ungeachtet dessen werden die Schweizer Herstellerverantwortungssysteme (PROs) – Swico Recycling, SENS und SLRS – regelmässig seitens internationaler Hersteller mit der in der Schweiz im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern höheren vorgezogenen Recyclinggebühr (vRG) konfrontiert und es wird Druck auf sie ausgeübt, diese Gebühr zu senken. Dies erfolgt unbeachtet des Umstands, dass die vRG in der Schweiz in den vergangenen Jahren kontinuierlich zurückgegangen ist. Aktuell wird für die meisten Elektro- und Elektronikgeräte

eine vRG von weniger als 1 CHF erhoben, wobei die vRG für mehr als 80% der Produkte maximal 2 CHF beträgt. Trotzdem ist die vRG für den Grossteil der Produkte in der Schweiz deutlich höher. Zum Beispiel liegt die vRG für Handys in der Schweiz bei nur 0,1 CHF/Handy (€ 0,095), und dennoch ist diese Gebühr in Frankreich sogar noch niedriger und beträgt zwischen € 0,01 und € 0,07 pro Handy. Ähnliches gilt für die Klimaanlageanlagen, für die eine vRG zwischen € 4,51 in Frankreich und € 17 in den Niederlanden verglichen mit € 24,9 in der Schweiz erhoben wird.

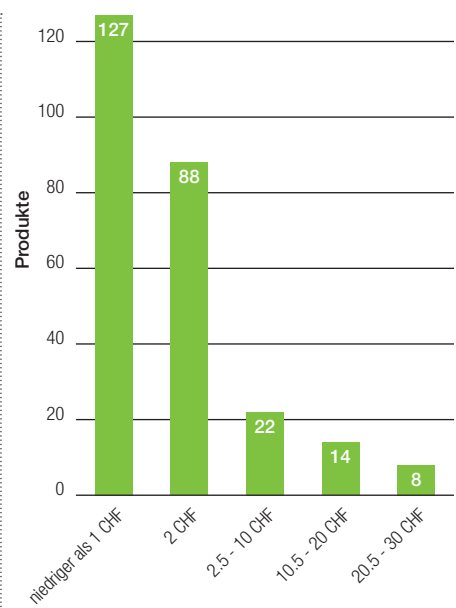


Abbildung 1: vRG in der Schweiz für 2015
[Quelle: Swico und Sens]

Über die vRG werden im Wesentlichen finanziert: Sammlung, Logistik, Recycling, Prüfungen, PR, Überwachung und die Systemverwaltung. Von den ungefähr CHF 70 Millionen, die 2013 über die vRG durch die drei PROs erwirtschaftet wurden, entfällt der grösste Anteil – 38% – auf die Recycler zur Gewährleistung einer einwandfreien Aufbereitung und eines sicheren Recyclings. Trotzdem üben die Recycler Druck aus und verlangen einen angemessenen Ausgleich, um kostendeckend arbeiten zu können. Die PROs in anderen Ländern haben vergleichsweise niedrigere Kosten für die Aufbereitung und das Recycling, wobei einige sogar mit den Recyclern Geld erwirtschaften, anstatt Zahlungen an sie leisten zu müssen. Ein Beispiel dafür ist das holländische System PRO Wecycle, das 2013 Einnahmen in Höhe von 43 Euro/Tonne von den Recyclern vermelden konnte (Kengetallen en jaarrekening 2013).

Die Schweizer PROs sehen sich deshalb zwischen allen Fronten, d. h. sie werden einerseits von ihren Mitgliedern unter Druck gesetzt, die vRG zu reduzieren, und andererseits fordern ihre Recycler eine Aufstockung der Zahlungen aufgrund ihrer hohen Betriebskosten. Und gleichzeitig bleibt das Hauptziel, auch weiterhin eines der bestfunktionierenden Systeme weltweit zu betreiben.

Ein Vergleich von Äpfeln mit Äpfeln

Aus diesem Grund haben Swico, SENS und SLRS gemeinsam eine Studie in Auftrag gegeben, um die Kostenstruktur des Schweizer Systems besser zu verstehen und dieses mit anderen Systemen vergleichen zu können, um dadurch herauszufinden, ob die Kosten für das Recycling in der Schweiz tatsächlich höher sind und deshalb die höhere vRG gerechtfertigt ist. Einfach einen Vergleich zwischen den Systemen auf der Grundlage der offensichtlichen Kosten durchzuführen, ist ungefähr so, als würde man Äpfel mit Birnen vergleichen, weil dadurch die kalkulatorischen Rahmenkosten (z. B. Gehaltsniveaus, Steuern), die externalisierten Kosten (z. B. öffentliche Fördermittel),

Unterschiede beim Anwendungsbereich und der Produkterfassung (ob z. B. die Batterieentsorgung eingeschlossen ist) oder gesetzliche Anforderungen für die Aufbereitung und Entsorgung (z. B. die manuelle Schadstoffentfrachtung) nicht widerspiegelt werden. Deshalb wurde eine strikte Methodik festgelegt, die die Haupthypothesen zur Erläuterung der zu überprüfenden Schweizer Kostenstruktur berücksichtigt, um eine Vergleichbarkeit auf Systemebene zu ermöglichen.

In einem ersten Schritt wird eine Aufschlüsselung der Kosten in sämtlichen Phasen von der Sammlung über die Aufbereitung bis hin zur Entsorgung für die Schweizer Systeme sowie für ausgewählte europäische Systeme durchgeführt, und alle Parameter, die die Kosten in den einzelnen Phasen beeinflussen, werden untersucht. Dies beinhaltet auch eine Untersuchung des Umstands, ob die höheren Kosten auf die häufigeren Sammlungen zurückzuführen sind, ob sie sich aufgrund der Unterschiede bei der Materialzusammensetzung erklären lassen und ob grössere Länder von einer Kostenersparnis durch Massenproduktion profitieren. Anhand der erwarteten Ergebnisse aus dieser Untersuchungsphase soll herausgefunden werden, in welcher Phase das Schweizer System ganz offensichtlich teurer ist als seine europäischen Pendanten und welche Kostenfaktoren von den PROs beeinflusst werden können.

In einem zweiten Schritt wird sich die Studie eingehender mit dem Kosten-Nutzen-Modell für das Recycling beschäftigen, um die Faktoren, die sich auf die Kosten und Einnahmen auswirken, besser zu verstehen. Auf der Kostenseite beinhaltet dies eine Schätzung der durchschnittlichen Kosten für die wichtigsten Kostenrubriken, wie z. B. Kapital, Arbeit, Energie, Transport und Logistik, Anlagen und Wartung, Entsorgung, Erfüllungs- und Verwaltungskosten. Auf der Einnahmenseite wird der potentiell realisierte Materialwert auf der Grundlage der Zusammensetzung der erfassten Abfallströme und der Warenmarktpreise geschätzt, wobei ebenfalls

Preis- und Währungsschwankungen berücksichtigt werden. Die in dieser zweiten Phase erzielten Ergebnisse werden ein besseres Verständnis dafür ermöglichen, wie sich die Aufbereitung und die Aufwertung der WEEE-Materialanteile optimieren lassen.

Die Daten für diese Studie beinhalten eine Primärdatensammlung über Interviews mit ausgewählten Interessensvertretern, denen auch Fragebögen zuschickt werden, sowie Sekundärdaten, die öffentlich über Berichte und Publikationen verfügbar sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse im Laufe des Sommers 2015 veröffentlicht werden.

WKA 2.0 – Big Data hält Einzug in die Warenkorbanalyse

Wie hoch ist die Nutzungsdauer von elektrischen oder elektronischen Geräten? Welche Geräte gelangen wann in den Rücklauf? Gibt es regionale Unterschiede? Beeinflusst der Absatz von Neugeräten den Rückfluss von Altgeräten? Oder kommen bestimmte IT/UE-Geräte gar nicht in die Verwertung? Stimmen die Berechnungen für die vorgezogene Recyclinggebühr?

Antworten auf all diese bedeutenden Fragen liefert ein komplexer Prozess aus Datenerfassung und -auswertung, sprich Warenkorbanalyse oder kurz: WKA. Rund zwei Prozent aus dem Geräte-Rücklauf werden analysiert, was bei einem Warenstrom von 60'000 Tonnen pro Jahr rund 1'200 Tonnen entspricht. An bestimmten Standorten und Terminen werden aus dem Swico-Mix elektrische und elektronische Geräte triagiert und in 19 Gerätekategorien aufgesplittet. Im Ergebnis zeigt sich der Geräterücklauf aus dem Entsorgungskanal fein säuberlich gegliedert nach Gerätetypen, Stückzahlen und Gewichten.

Das Wissen, was für Geräte sich im Entsorgungskanal befinden, ist für Swico von vitalem Interesse: Sei es als Kalkulationsgrundlage für die vorgezogene Recyclinggebühr (vRG), für die Berechnung des Recyclingpreises oder als Benchmark. Die Frage ist berechtigt: Reichen Erkenntnisse aus zwei Prozent

der Rücklaufmenge aus, um auf die übrigen hundert Prozent zu schliessen? Eines ist klar: je umfangreicher und detaillierter die Datenerhebung, umso sicherer und präziser die daraus resultierenden Analysen.

WKA 2.0

Ende 2013 entschied Swico die Warenkorbanalyse auszubauen und einen grösseren Warenstrom mit höherer Detaillierung zu erfassen. Ziel war es, zunächst im Testbetrieb, 20% des Warenstroms aus dem indirekten Kanal in der Warenkorbanalyse zu erfassen. Alle Geräte sollten nach Herkunftsort und Typ einzelnen gewogen und erfasst werden und die Daten auf einer zentralen Datenbank für jegliche Auswertungen zur Verfügung stehen.

Diese Aufgabenstellung war mit den bisherigen Mitteln nicht mehr zu bewältigen. Es musste ein Prozess mit einem völlig neuen Anlagen-Setup

entwickelt werden: Eine Kombination von zwei parallel arbeitenden computerunterstützten Wiegesystemen, kombiniert mit einer Online-Datenerfassung via Touchscreen. Die mit einem eigenen Webservice ausgestatteten Waagen erreichen ein Spektrum von 0.001 bis 1'500 Kilo.

Das WKA 2.0-System ist seit Februar 2014 im Einsatz. Erkenntnisse und Verbesserungsvorschläge wurden laufend ins System implementiert. Optimierte Arbeitsplatzergonomie und Internetgeschwindigkeit führten zu kürzeren Durchlaufzeiten, und die anfänglich 19 Gerätekategorien wurden mit zusätzlichen Untergruppen, Zubehör und Bauteilen auf 36 erweitert. Nach einer zehnmonatigen Testphase funktioniert das WKA 2.0-System stabil und liefert zuverlässige, umfangreiche und detaillierte Informationen über IT- und UE-Geräte im Entsorgungskanal.

Big Data hat bei der Swico-Warenkorbanalyse Einzug gehalten. Das Sammeln und Auswerten von Datenmengen aus dem Entsorgungskanal wird immer anspruchsvoller und ist nur mit modernster Technik zu bewältigen. Das WKA 2.0-System ermöglicht nicht nur eine effiziente Erfassung, sondern bietet auch einen umfassenden Zugriff auf die Daten. Sie lassen sich besser analysieren und die Erkenntnisse daraus besser nutzen.

Die nächsten Schritte sind bereits in Vorbereitung. Neben der stationären WKA für den indirekten Kanal wird eine mobile Warenkorbanalyse (WKA 2.1) für den direkten Kanal eingeführt. So lassen sich Warenströme direkt an der Anfallstelle erfassen. Der Start hierfür ist im zweiten Quartal 2015 geplant. Kundenspezifische Datenerhebungen, zum Beispiel nach Herstellern, Produkten, Seriennummern oder Zustand der Geräte, sogar mit Fotoerfassung, sind in Zukunft nicht bloss Wunschdenken, sondern werden Realität.



Quecksilber in Natriumdampf-Hochdrucklampen (HPS)

Natriumdampfhochdruckgasentladungslampen (HPS) wie sie bei der Strassenbeleuchtung zum Einsatz kommen, sind mengenmässig unter den Leuchtmitteln nicht sehr bedeutend. Schätzungsweise gelangen in der Schweiz etwa 20 t pro Jahr in die kontrollierte Entsorgung. Dennoch ist die Entsorgung dieser vergleichsweise geringen Menge eine Herausforderung. Das Problem besteht vor allem darin, dass diese HPS hohe Quecksilbergehalte in Form von Natriumamalgam enthalten. Eine Untersuchung in Zusammenarbeit mit der Batrec Industrie AG¹⁹ klärt die Zusammenhänge und umweltgerechte Entsorgung.



Abbildung 1: 20 gezielte Proben aus 15 Paletten HPS-Lampen.

Bei der konventionellen mechanischen Verarbeitung ganzer Natriumdampf-Hochdrucklampen²⁰ (HPS) werden vor allem die Fraktionen in einem Ausmass kontaminiert, das nicht den von der SENS vorgegebenen Normen²¹ entspricht. Es scheint offensichtlich schwierig selbst für die Glasfraktion die Quecksilber-Konzentrationen niedrig zu halten. Im Rahmen eines kleinen Projektes sollten die möglichen Ursachen der hohen Quecksilbergehalte abgeklärt werden. Gemäss einer Warenkorbanalyse aus dem Jahre 2010²² befinden sich im Abfall der nicht stabförmigen Leuchtmittel etwa 6 % HID (High Intensity Discharge). Das ergäbe bei 413 t (2013) etwa 24 t HID. Diese Zahl ist vermutlich zu hoch, da der Anteil Energiesparlampen zwischen 2010 und 2013 stark zugenommen hat. Die HPS sind unter den HID-Lampen der häufigste Typ.

Gezielte Stichproben aus 15 Paletten

Aus einer Population von 15 Paletten HPS-Lampen (vgl. Abb 1) wurden gezielt 20 Proben à je 2 Lampen ausgewählt, die sich in den folgenden Merkmalen unterscheiden:

- 6 verschiedene Hersteller
- 70 bis 940 W Leistung
- Herstellungsländer (Belgien, China, Slowakei, USA, Deutschland)
- Typen und Bezeichnungen «Hg-free»

Unter den 20 Proben waren alle häufigen Typen verschiedener Hersteller und Länder vertreten. Ein Beispiel einer Probe ist in Abb. 2 dargestellt. Zur Vereinfachung der Analytik wurden die HPS-Lampen



Abbildung 2: Beispiel einer HPS-Probe.

aufgebrochen und die Quecksilberkonzentration nur an den Brennzellen gemessen. Diese sind aus Quarz oder keramischen Materialien und wurden auf < 0.1 mm gemahlen, mit Säure aufgeschlossen und mit AAS gemessen. Die Probenaufbereitung und Analyse erfolgte im Labor der Batrec Industrie AG, je zwei der Doppelproben wurden in einem externen Labor analysiert. Das Thermodesoptionsverfahren hat sich für Na-Hg-Amalgam nicht bewährt.

Keine Zusammenhänge erkennbar

Die Quecksilbergehalte variieren innerhalb einer grossen Bandbreite, wobei kein unmittelbarer Zusammenhang mit dem Hersteller, Leistungstyp, Produktionsort oder der Lampenform zu erkennen ist.

Tabelle 1: Hg-Konzentrationen in Brennzellen von HPS-Lampen (in Klammern die Anzahl der Proben)

Hersteller	Hg Konzentrationen
Lucalox (4)	25 – 370 ppm
Osram (6)	40 – 4800 ppm
Philips (6)	16 – 2600 ppm
Others (4)	60 – 2600 ppm

Leistungsbereich	Hg-Konzentrationen
70 W (5)	16 – 2600 ppm
150 W (6)	30 – 4800 ppm
250 – 940 W (6)	16 – 2600 ppm

Rechnet man die Brennzellenkonzentrationen auf die absoluten Hg-Werte um, ergeben sich < 1 bis 28 mg pro Leuchtmittel. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass bei der Zerstörung und beim Malen der Brennzellen ein Teil des Quecksilbers bereits an die Umwelt abgegeben wurde. Somit dürften die effektiven Hg-Mengen in den Lampen höher liegen.

Auch neue HID mit hohen Quecksilbergehalten

Auch neue HPS-Natriumdampflampen enthalten Quecksilbermengen, die eine rein mechanische Behandlung kaum erlauben. In Tab. 2 sind eine Reihe neuer, REACH-konform deklarierter, zufällig ausgewählte HID-Lampen aus der Osram-Webseite aufgeführt.

Das Quecksilber hat in praktisch allen HID-Technologien eine wichtige Funktion, die mit der Plasma-bildung im Lichtbogen zusammenhängt. In älteren Technologien wurde Quecksilber häufig auch dazu benötigt, Natrium in Form des Amalgams beim Herstellungsprozess zu dosieren. Natriumniederdrucklampen enthalten kein Hg, haben jedoch eine geringe Bedeutung. Nach übereinstimmenden Aussagen der Hersteller wird sich an dieser Situation auch bei neuen Lampen mittelfristig nichts ändern, da für die spezifischen Eigenschaften des Quecksilbers kein Ersatz absehbar ist. Auch ein Ersatz der HID- durch LED-Technologien dürfte noch Entwicklungszeit in Anspruch nehmen. Beim HID-Lampenabfall muss man sich deshalb auch längerfristig auf erhöhte Hg-Mengen einstellen.



Abbildung 3: Natriumamalgamablagerungen in der erkalteten Brennzelle einer HPS-Lampe.

Resultate plausibel

Die Unterschiede, die bei den Messungen von Hg in HPS gefunden wurden, lassen sich mit dem Erkalten und mit der im Rahmen dieser Untersuchung vereinfachten Analytik erklären. Das Plasma aus Natrium und Quecksilber in der Brennzelle wird bei der Nutzung mehrere Tausend Grad heiss²³. Beim Abschalten kondensiert das Quecksilberamalgam dort, wo die Hochdruckzelle am kältesten ist. Das ist hauptsächlich an den Enden auf der Keramik oder dem Quarz im Innern der Zellen unmittelbar neben den Elektroden der Fall (vgl. Abb. 3). Deshalb ist es entscheidend, wie viel man bei der Abtrennung von Keramik und Wolframelektrode von diesen Ablagerungen erwischt. Da man diese Zusammenhänge bei der Festlegung der vereinfachten Analytik noch nicht kannte, konnte es zu diesen Unterschieden kommen. Bei den Elektroden handelt es sich hauptsächlich um Wolfram, das mit Hg kein Amalgam bildet. Ein

Eindringen des Quecksilbers in die Keramik erfolgt gemäss Aussagen von Experten nicht oder nur in sehr geringem Masse. Auch die Kontaminationen der Fraktionen sind vor diesem Hintergrund erklärbar. Normales Glas und die Keramik der Brennzellen lassen sich in diesen Verfahren nicht trennen. Es braucht wenig, bis Leuchtmittel-Fraktionen mit hochkonzentrierten Natriumamalgam verunreinigt werden.

Thermischer Prozessschritt erforderlich

Im Hinblick auf die Entsorgung von HID und HPS lässt sich folgendes Fazit ziehen:

- Die HID können generell nicht in den rein mechanischen Verarbeitungsanlagen gemischt mit anderen nicht stabförmigen Leuchtmittel behandelt werden.
- Ein Aussortieren von Hg-haltigen und Hg-freien HID ist nicht möglich und erübrigt sich vor dem Hintergrund, dass Hg-freie Lampentypen innerhalb der HID-Technologie von untergeordneter Bedeutung sind.
- Um eine umweltgerechte Entsorgung ohne diffuse Hg-Emissionen zu erreichen, ist eine Behandlung der Brennzellen inkl. der sie durchdringenden Wolfram-Elektroden unter erhöhten Temperaturen und Hg-Abscheidung unumgänglich.
- Die Verwertung der Metallfraktionen ist zulässig, sofern die Grenzwerte der Technischen Vorschriften gemäss SENS-Vertrag eingehalten werden.
- Die nicht Hg-belasteten Teile wie das Metallgewinde, das Gestänge oder das äussere Glas können vorher abgetrennt werden. Das würde eine etwas rationellere Behandlung der Brennzellen ermöglichen. Allerdings sind bisher nur halb-maschinelle Verfahren zur Abtrennung des äusseren Glases bekannt.

Deklarierte Hg – Gehalte neuer HID Lampen

Bezeichnung gemäss Osram Angebot	Leistungsbereich	mg Hg / Stk.
Natriumdampf-Hochdrucklampen	50 – 1000 W	18 – 58
Natriumdampf-Niederdrucklampen	18 – 180 W	0
Halogen-Metalldampflampen Keramiktechnologie	20 – 250 W	3 – 45
Halogen-Metalldampflampen Quarztechnologie	20 – 250 W	12 – 220
Quecksilberdampflampen	50 – 1000 W	12 – 79
Quecksilber-Mischlichtlampen	150 – 500 W	16 – 41

¹⁹ In Zusammenarbeit mit Dr. Norbert Dawidowsky und Xavier Ibarz Formatger, Batrec Industrie AG - Wimmis

²⁰ Zur Nomenklatur: Während sich in der Schweiz der Name Leuchtmittel durchgesetzt hat, wird in Deutschland von Lampen gesprochen (engl. Lamps), hier werden beide Begriffe synonym verwendet.

²¹ 5 ppm Hg für die Glasfraktion, 10 ppm für Metallfraktionen gemäss Technischen Vorschriften SENS/Swico, Ver. 1.1, 2012.

²² Gasser, D.; Warenkorbanalyse SLRS – Kampagne OeSS 2010, Analyse der Zusammensetzung nicht-stabförmiger Leuchtmittel, SENS Zürich 17.10.2010.

²³ Tóth+, Lovas, H.; Chemistry of materials science phenomena in high-intensity discharge light sources; Pure Appl. Chem. Vol. 79, No10, pp 1771-1778, 2007.

Recycling von Photovoltaik in der ganzen Schweiz sichergestellt

Seit Beginn der Kooperation zwischen SENS und Swissolar ist die Rücknahme von Photovoltaik-Anlagen sichergestellt. Seit 2015 ist nun auch das schweizweite Sammelnetz von SENS in den Sammelprozess integriert. Das Recycling von Photovoltaik-Anlagen ist somit gewährleistet, und der Wertstoffkreislauf ist geschlossen.

Swissolar und SENS eRecycling

Der Fachverband Swissolar setzt sich für die politischen Anliegen der Solarenergiebranche ein. Die rund 500 Mitglieder setzen sich zusammen aus Energieversorgern, Forschungsinstitutionen, Vertretern anderer Verbände sowie rund 120 Fachunternehmen.

Die VREG ist seit 1998 in Kraft und wird gegenwärtig vollständig revidiert. Ein wichtiger Punkt in der Revision ist die Aufnahme von weiteren Gerätekategorien wie zum Beispiel Photovoltaik in den Katalog der zu entsorgenden Geräte. Damit wird das Recycling für Photovoltaik-Anlagen zukünftig ebenfalls über die vorgezogene Recyclinggebühr (vRG) finanziert.

SENS eRecycling beginnt mit der Rücknahme

Seit 2014 nimmt SENS eRecycling PV-Module zurück. Bis anhin wurden diese Rücknahmen vom Abgeber noch per E-Mail oder Fax ausgelöst. Seit Januar 2015 sind die notwendigen Prozesse erstellt, und bei allen SENS-Sammelstellen können kleinere Mengen an PV-Modulen abgegeben werden.

Anlagenabbauer, welche grosse Mengen von PV-Modulen zu entsorgen haben, können sich bei SENS mittels eines PV-Abholauftrags melden. Das Stellen eines Containers am Abbauort und das Abholen sind kostenlos.

Die PV-Module, über das schweizweite SENS-Sammelnetz gesammelt, werden von dort zu speziellen PV-Sammelplätzen gefahren und zwischengelagert. Sobald auf den PV-Sammelplätzen genügend Material vorhanden ist, wird der PV-Recycler beauftragt, das Material in einer Grossladung zum PV-Verarbeiter zu fahren.

Zusammensetzung von Photovoltaik-Modulen

Photovoltaik-Module bestehen zu ca. 90 Prozent (abhängig von der verwendeten PV-Technologie) aus Glas. Metalle, wie Kupfer oder Aluminium, und Kunststoffe machen rund weitere 10% aus. Der eigentliche Kern eines Solarmoduls, nämlich der Halbleiter, fällt nur in sehr kleinen Mengen an. Bei Silizium-basierten Modulen macht der Halbleiter rund 2% des Modulgewichts aus. Bei nicht Silizium-basierten Modulen verringert sich der Halbleiteranteil (Gewicht) auf ca. 0,1%-1,15%. Die Tendenz in der PV-Industrie zeigt, dass immer mehr Produzenten noch dünnere Halbleiterschichten produzieren werden. Mit den heutigen Technologien können zwischen 80 und 90% eines Modulgewichts für die Produktion von neuen Materialien zurückgewonnen werden.

Recycling von Photovoltaik-Modulen

Da Photovoltaik-Module zum Grossteil aus Glas bestehen, werden diese im Flachglas-Recycling aufbereitet (analog zu Autoscheiben). In der Schweiz gibt es keinen Flachglas-Recycler.

Die grosse Kunst im Flachglas-Recycling besteht in einer möglichst optimalen Trennung von Glas und Verbundfolie, die zur Stabilität und zum Schutz des Moduls eng auf dem Glas aufgebracht ist. Verbundfolien im Glas-Recyclat mindern aber den Verkaufspreis. Daher braucht es ganz spezielle maschinelle Prozesse, um die Trennung von Glas und Verbundfolie ökonomisch sinnvoll durchzuführen.

Keine Schadstoffe in Photovoltaik-Modulen

Silizium-basierte und die meisten nicht Silizium-basierten Photovoltaik-Module beinhalten keine Schadstoffe. Und falls doch einmal schadstoffhaltige Photovoltaik-Module in den Rücknahmeprozess kommen, werden sie ausgesondert und mit speziellen chemischen Prozessen aufbereitet, bevor sie in den normalen PV-Verarbeitungsprozess eingeschleust werden können.



Quo vadis Recyclingquote?

Hohe Recyclingquoten sind beim Verarbeiten von E+E-Schrott entscheidend, um einen hohen Umweltnutzen ausweisen zu können. Die von SENS, Swico und SLRS definierten Mindestquoten reichen je nach Gerätekategorie von 50 bis 80 % und entsprechen den Anforderungen der WEEE-Richtlinie der EU. Die von der EU beschlossene Erhöhung der Quoten um 5 % für fast alle Gerätekategorien sollte für die hiesigen Betriebe keine allzu grosse Hürde darstellen, da viele die strengeren Werte schon heute erfüllen. Mit dem vermehrten Ersatz von Metallen durch schwieriger zu rezyklierende Kunststoffe in E+E-Geräten kommen die Recyclingbetriebe jedoch je länger je mehr nicht darum herum, Kunststoffe zu separieren und der stofflichen Verwertung zuzuführen.

Eine hohe stoffliche Verwertung – ausgedrückt mit der Recyclingquote – ist beim Recycling von E+E-Schrott das wichtigste Kriterium, um einen möglichst hohen Umweltnutzen zu generieren. Insbesondere die Rückgewinnung von Metallen spielt aufgrund der hohen Umweltbelastung bei ihrer Herstellung eine Hauptrolle. Indem zurückgewonnenes Altmetall in den Stoffkreislauf zurückgebracht wird, können die Emissionen, welche bei der Herstellung von Metallen aus Erzen anfallen, vermieden werden (z. B. Schwermetallemissionen beim Erzabbau, Luftbelastung aus der Energiebereitstellung für die Erzverarbeitung).

Gemässe der EU-Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle bezeichnet Recycling «jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schliesst die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind». Nachdem in der EU im Jahr 2003 Verwertungs- und Recyclingquoten eingeführt wurden, beschloss die Technische Kommission von SENS, Swico und SLRS die bisherige Berechnung der Recyclingquote zu verfeinern. Bis zum damaligen Zeitpunkt wurde die Recyclingquote über die jährlichen Stoffflussdaten berechnet. Diese Methode macht für spezialisierte Recyclingbetriebe, welche nur eine Gerätekategorie verarbeiten, auch heute

noch Sinn. Bei Recyclingbetrieben, welche verschiedene Gerätekategorien verarbeiten, ist diese Methode zu ungenau, weil ähnliche Fraktionen aus der Verarbeitung verschiedener Gerätekategorien aus Aufwandsgründen nicht separat erfasst werden.

Es zeigte sich bald, dass die 2004 erstmals durchgeführten Batchversuche eine sehr gute Grundlage darstellten, um nebst der genaueren Bestimmung von Stoffflussdaten von Grossschredderbetrieben auch die Recyclingquote zu berechnen. In den darauffolgenden Jahren wurden in allen mechanisch verarbeitenden Betrieben Batchversuche durchgeführt und mit einem eigens entwickelten Excel-Tool die Recyclingquoten errechnet. Das Berechnungstool wurde später durch das Reptool, einer webbasierten Anwendung, abgelöst.

Die Recyclingquote für E+E-Schrott liegt im Durchschnitt für alle Gerätekategorien seit mehreren Jahren konstant bei etwa 75 %. Für die einzelnen Gerätekategorien sind aktuell folgende Mindestquoten vorgeschrieben:

WEEE-Direktive Kategorie	Gerätekategorie	Recyclingquote
1	Haushaltsgrossgeräte inkl. Kühlgeräte	75 %
2	Haushaltskleingeräte	50 %
3	IT- und Telekommunikationsgeräte	65 %
4	Unterhaltungselektronik	65 %
5a	Leuchten, Beleuchtungskörper	50 %
5b	Leuchtmittel, Gasentladungslampen	80 %
6	Elektrowerkzeuge, Bau-, Garten- und Hobbygeräte	50 %
7	Spielwaren sowie Sport- und Freizeitgeräte	50 %
8	Medizinische Geräte	keine Angabe
9	Überwachungs- und Kontrollinstrumente	50 %
10	Automatische Ausgabegeräte	75 %

Ab dem 15. August 2015 werden in der EU die geforderten Recyclingquoten bei allen Gerätekategorien ausser den Gasentladungslampen um 5% angehoben. Diese Entwicklung war zu erwarten, da sich die Recyclingtechnologien für die Verarbeitung von E+E-Schrott in den letzten zehn Jahren auf allen Ebenen weiterentwickelt haben. Die meisten Recyclingbetriebe in der Schweiz haben sich frühzeitig auf den entsprechenden technischen Stand gebracht und erfüllen heute schon die strengeren Recyclingquoten.

Es gilt jedoch im Auge zu behalten, dass die Erreichung dieser Recyclingquoten durchaus keine Trivialität darstellt, sind doch verschiedene Trends auszumachen, welche das Unterfangen erschweren. So ist insbesondere – aber nicht nur – bei der mengenmässig bedeutenden Gerätekategorie der Haushaltsgrossgeräte schon länger ein Trend zum Ersatz von Metall- mit Kunststoffbauteilen auszumachen. Kunststoffe sind – unter anderem auch wegen der zum Teil noch vorhandenen Kontamination mit toxischen Flammschutzmitteln – schwieriger zu recyklieren als Metalle. Verschiedene Recyclingbetriebe bringen jedoch heute schon einen beachtlichen Anteil der Kunststoffe in die stoffliche Verwertung, was zeigt, dass auch hier die Innovation nicht stehen geblieben ist.

In Anbetracht dieser Entwicklungen wird klar, dass neben der möglichst verlustfreien Rückgewinnung aller Metalle die Kunststoffverwertung immer wichtiger wird, um die geforderten Recyclingquoten auch längerfristig zu erreichen.



Stoffliches Recycling von Kunststoffen aus WEEE-Schrott ist ein immer wichtigerer Faktor, wenn es darum geht, die geforderten Recyclingquoten auch längerfristig zu erreichen.

AUTOREN



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 der 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.



Prof. Dr. Marie Brechbühler Pešková

Marie Brechbühler Pešková hat in Prag (Tschechische Republik) und Stockholm (Schweden) Ökonomie und Management studiert und an der Universität Freiburg (Schweiz) doktriert. Nach einigen Jahren im Beratungsgeschäft (namentlich im Bereich Umweltökonomie bei Ernst Basler und Partner, Zollikon) ist sie im Jahr 2007 in die akademische Welt zurückgewechselt. Seitdem ist sie an der Berner Fachhochschule im Fachbereich Wirtschaft als Dozentin tätig. Zu ihren Themengebieten gehören insbesondere «Sustainability Strategies» und «Sustainable Supply Chain Management». Sie ist verantwortlich für das Forschungsfeld «Future Economic Shortages» und forscht unter anderem im Bereich der kritischen Ressourcen (z. B. seltene Metalle) und deren wirtschaftlicher Bedeutung.



Dr. Deepali Khatriwal

Deepali Khatriwal erhielt ihren Dokortitel an der Universität St. Gallen mit einer Arbeit über Prognosen zu Abfallströmen der End-of-Life-Gebrauchsgüter. Vor ihrem Promotionsstudium machte sie ihren BWL-Master in Internationalem Management an der Universität St. Gallen. Ihre Arbeit im Bereich «e-Waste» begann sie bei der EMPA, von 2004-2009 arbeitete sie am Schweizer Elektroschrottprogramm. Seitdem hat Dipali Khatriwal weltweit an verschiedenen Projekten mitgearbeitet, die im Zusammenhang mit Elektroschrott stehen. Insbesondere war sie massgeblich am Kapazitätenaufbau unter der Schirmherrschaft der «E-waste Academy» der StEP-Initiative beteiligt, bei der es sich um ein von der UN unterstütztes Forum für den Bereich Elektroschrott handelt.



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.



Prof. Dr. Stefan N. Grösser

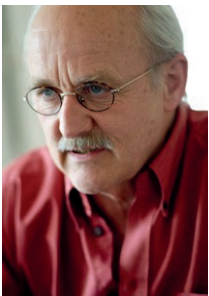
Dr. Stefan N. Grösser ist Professor für strategisches Management am Institut Unternehmensentwicklung der Berner Fachhochschule. Er leitet dort das «Strategy and Simulation Lab» mit Forschungsschwerpunkt «Strategic Analysis and Decision-Making in Dynamic Systems». Prof. Grösser ist zudem Projektleiter in anwendungsorientierten Forschungsprojekten der Schweizer Stromwirtschaft und der Clean-Tech-Branche. Seit 2013 leitet er ein Teilprojekt des EU-Forschungsprojekts «Use-it-Wisely» (www.use-it-wisely.eu); ein strategisches Innovationsmanagement-Projekt mit 20 europäische Kooperationspartner.

Seine akademische Ausbildung absolvierte er an der Universität Stuttgart (Dipl.-Kfm. techn. orientiert), an der der Universität Bergen (M.Phil.), Norwegen, und an der Universität St. Gallen (Dr. oec. HSG), Schweiz. Er war Gastforscher an der System Dynamics Group der Sloan School of Management, Institute of Technology (MIT), USA. Seine Forschung wurde bisher in international peer-reviewten Zeitschriften sowie von Verlagen wie Wiley, Springer und Gabler publiziert (www.stefan-groesser.com).



Dr. Geri Hug

Nach dem Chemiestudium und anschliessender Dissertation am Organisch-chemischen Institut der Universität Zürich war Geri Hug wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der 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.



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 Innenraumluftqualität spezialisiert ist. Neben seiner Lehrtätigkeit ist er Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001. Seit Mitte der Neunzigerjahre ist Ueli Kasser Kontrolllexperte 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 WEEELABEX.



Emil Franov

Nach dem Studium der Umweltnaturwissenschaften 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 Kontrolllexperte und Mitglied der Technischen Kommission der Stiftung SENS. Emil Franov ist Bereichsleiter und Mitglied der Geschäftsleitung der Carbotech AG.



Esther Thiébaud

Nach der Ausbildung zur Umweltingenieurin mit Schwerpunkt Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik an der ETH Zürich arbeitete Esther Thiébaud 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 zukunftssträchtigen Technologien und der darin enthaltenen Materialien. Seit 2012 arbeitet Esther Thiébaud 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.



David Rochat

David Rochat absolvierte 2004 sein Master-Studium in Umwelttechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne (EPFL, Schweiz). Seine Karriere als Forscher startete er bei der der Industrial Ecology and Life Cycle Group (EPFL), bevor er 2005 an die Schweizer Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) wechselte, wo er mehrere Projekte im Bereich der elektronischen Abfallwirtschaft auf internationaler Ebene koordinierte. 2008 war er Mitbegründer des Unternehmens Sofies und baute für die Firma die Bereiche Elektroschrottmanagement, sauberere Produktion und Ressourceneffizienz auf, wobei er einen besonderen Schwerpunkt auf den informellen Sektor in Entwicklungsländern legte. Seitdem arbeitete David Rochat im Bereich E-Waste für verschiedene Kunden in mehr als 15 Ländern, darunter für die UNDP, UNIDO, die Weltbank und grosse Hersteller. Abgesehen von seiner Expertentätigkeit für Sofies ist David Rochat ausserdem Director of Business Development des Unternehmens.



Andreas Tonner

Nach der kaufmännischen Ausbildung auf der öffentlichen Verwaltung und anschliessender höheren Fachausbildung arbeitete Andreas Tonner acht Jahre als Verwaltungsangestellter in verschiedenen Funktionen. 1995 wechselte er in die Entsorgungswirtschaft, wo er bis 2007 in den Geschäftsführungen der Tonner-Altstoff AG, Sereda AG und Texta AG tätig war, sowie auch verschiedene Verwaltungsrat-Mandate innehatte. 2008 gründete er die Recycling-Coach GmbH, welche in den Bereichen Beratung und Coaching von Unternehmen, Verbänden und öffentlichrechtlichen Körperschaften tätig ist. 2010 gründete Andreas Tonner die Oekotech Reco AG, mit Fokus auf Materialkostenoptimierung in der Entsorgung und Rohstoffvermarktung.



Dr. 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.



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 Elektroschrottmanagements 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.



Hannes Zellweger

Nach der Ausbildung zum Umweltingenieur mit den Schwerpunkten Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik an der ETH Zürich arbeitete Hannes Zellweger bei Amstein + Walthert als Berater zu innovativen Vernetzungen von Industrie und Wohnsiedlungen für effiziente und emissionsarme Heizsysteme. Danach war er drei Jahre für das Schweizer Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) und die Empa St. Gallen in Peru in verschiedenen Programmen in seinen Kerngebieten Ressourcen- und Energieeffizienz sowie Kreislaufwirtschaft tätig. Seit 2013 ist Hannes Zellweger bei Sofies beschäftigt und dabei verantwortlich für die Geschäftsentwicklung im deutschsprachigen Raum.

LINKS

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 15 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.slrs.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.

www.ar.ch/afu

Auf der Website vom Amt für Umwelt Appenzell Ausserrhoden finden sich allgemeine Infos und Publikationen zu einzelnen Themen rund um das Thema Umwelt.

www.interkantlab.ch

Die Website vom interkantonalen Labor des Kantons Schaffhausen bietet unter «Informationen zu bestimmten Abfällen» weiterführende Auskünfte über das Thema Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

www.umwelt.bl.ch

Auf der Website vom Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) finden sich unter «Abfall /Kontrollpflichtige Abfälle/ Elektroschrott» Informationen über das Recycling und die Verwertung von Rohstoffen in elektrischen und elektronischen Geräten.

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

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

Bilder

Seite 18 Abb.1: Rolf Widmer, Empa
Seite 18 Abb.2: Roger Gnos, Swico
Seite 24: Andreas Tonner, Oekotech Reco AG
Seite 25/26: Batrec Industrie AG
Seite 27: KWB Planreal AG
Seite 29: Immark AG



ClimatePartner[®]
klimaneutral
Druck | ID: 11789-1506-1002

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.

© 2015 Swico / SENS / SLRS

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

