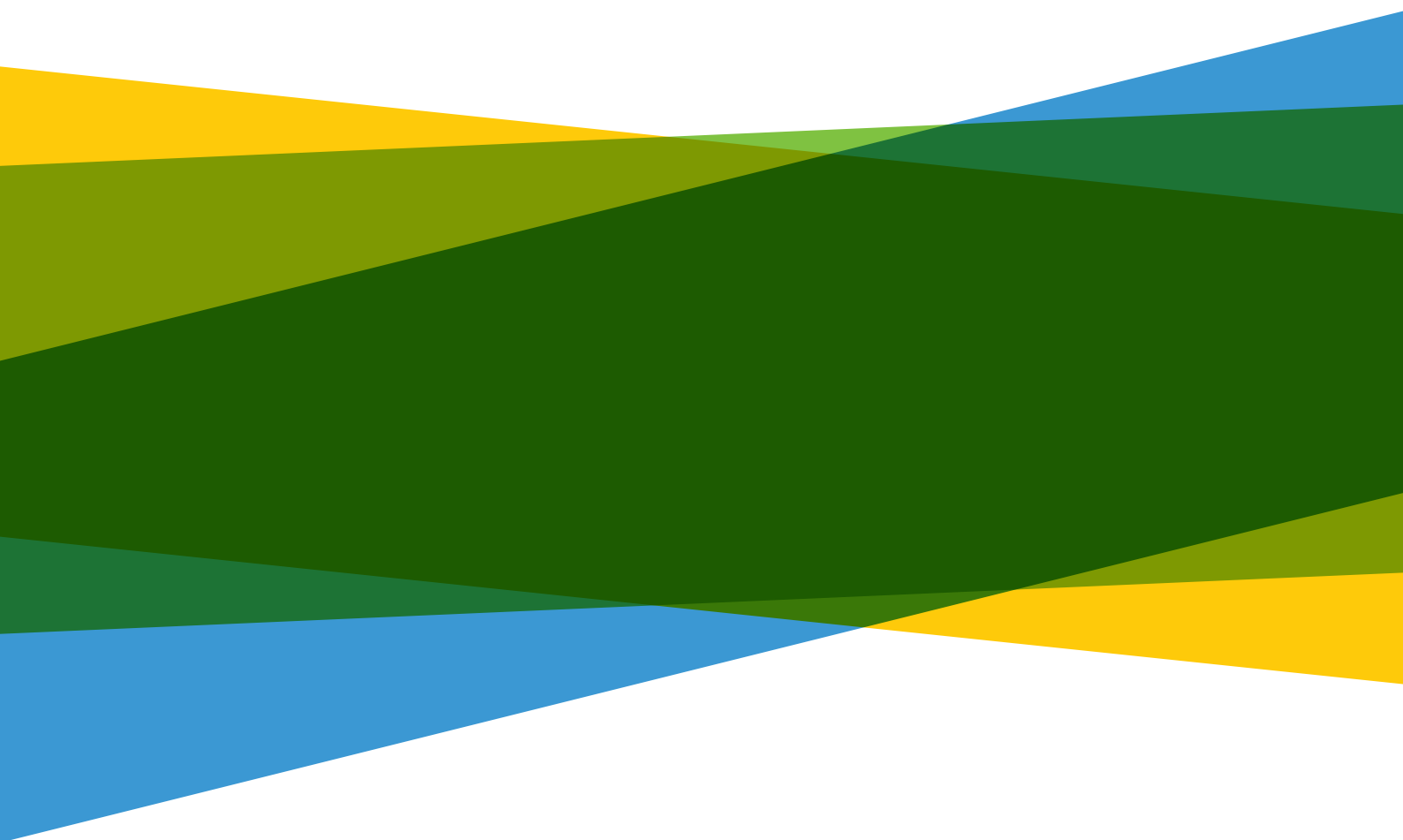


Swico, SENS, SLRS

Fachbericht 2017



Geld, Umwelt, Vertrauen

Im Rahmen des Fachberichts präsentieren Swico, SENS und SLRS jeweils die wichtigsten Erkenntnisse aus der fachlichen Arbeit ihrer technischen Kommissionen. Dies ist natürlich auch für 2017 der Fall. Allerdings scheint uns im Rahmen dieses Editorials von Belang, einen Seitenblick auf weitere Aspekte der Rücknahmesysteme zu werfen.

Die Systeme haben 2016 zum grössten Teil ihre Verträge auslaufen lassen und für 2017 mit den entsprechenden Partnern neue Grundlagen ausgehandelt. Dabei ging es darum, nach mehreren Jahren Leistungen und Preise den aktuellen Gegebenheiten anzupassen – nach unten, manchmal auch nach oben. Dieser Prozess war nicht immer einfach: Von Irritationen über Medienkampagnen bis zu politischen Druckversuchen haben die Systeme alles erlebt. Dass sie jedoch insgesamt gut und sicher funktionieren, davon ist aber auch der Bundesrat unverändert überzeugt. Mitte Februar sprach er ihnen bei der Stellungnahme zu einem parlamentarischen Vorstoss sein Vertrauen aus und hielt weiterhin die Prinzipien der Privatinitiative, der Branchensolidarität und der Selbstorganisation hoch. Dass die Bundesverwaltung im Bereich der Rechtsdurchsetzung durchaus noch mehr für die Systemintegrität tun könnte, steht allerdings auf einem anderen Blatt.

Laufend steigen die Anforderungen an die Qualität beim Sammeln, Transportieren und Verwerten. Und damit auch der entsprechende Ressourceneinsatz. Es ist daher richtig, geplante höhere Anforderungen immer wieder auch kritisch zu hinterfragen: Ist der Aufwand, um das letzte Molekül eines exotischen Metalls

zurückzugewinnen, wirklich zu verantworten? Und zwar nicht primär aus finanziellen, sondern aus ökologischen Gründen: Die Umweltbelastung durch zusätzliche Transporte, aufwendige Verfahren und hohen Energieeinsatz kann die ökologische Gesamtrechnung ins Negative kippen lassen. Dann verkommt Recycling zum kontraproduktiven Marketing-Gag, zur hohlen Geste.

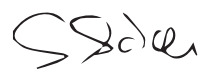
Es gilt daher, nicht nur den finanziellen Aufwand im Blick zu halten – im Interesse der beteiligten Stakeholder. Auch der ökologische Aufwand ist stets im Gleichgewicht zu halten. Um zu wissen, ob und was für die Umwelt nützlich ist, braucht es sehr viel wissenschaftlichen, technischen und praktischen Sachverstand. Es ist daher richtig, dass sich die Liste der Autoren dieses Fachberichts wie das «Who is who» der Schweizer Fachexperten in diesem Bereich liest. Ohne ihre Expertise wäre es nicht möglich, die Weiterentwicklung der Anforderungen an gutes Recycling so zu betreiben, dass sie nicht nur finanziell, sondern auch ökologisch einen Sinn ergeben. Und das muss letztlich unser Ziel sein.



Jean-Marc Hensch
Swico



Heidi Luck
SENS



Silvia Schaller
SLRS

Inhaltsverzeichnis

4	Porträt Recyclingsysteme	6	Technische Kommission
7	Mengen	10	Zerlegebetriebe
11	Leuchtmittel	12	Batterien
14	Elektrolyt-Kondensatoren	16	Batchversuche Swico
20	Batchversuche Swico	23	Kühl- und Gefriergeräte
25	Ueli Kasser und die TK	26	Autoren
29	Links		
30	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 die Stiftung SENS, Swico oder die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) für die Rücknahme zuständig.

Im Jahr 2016 wurden von den drei Systemen rund 131'800 Tonnen¹ ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit trugen SENS, Swico und SLRS auch bedeutend dazu bei, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten.

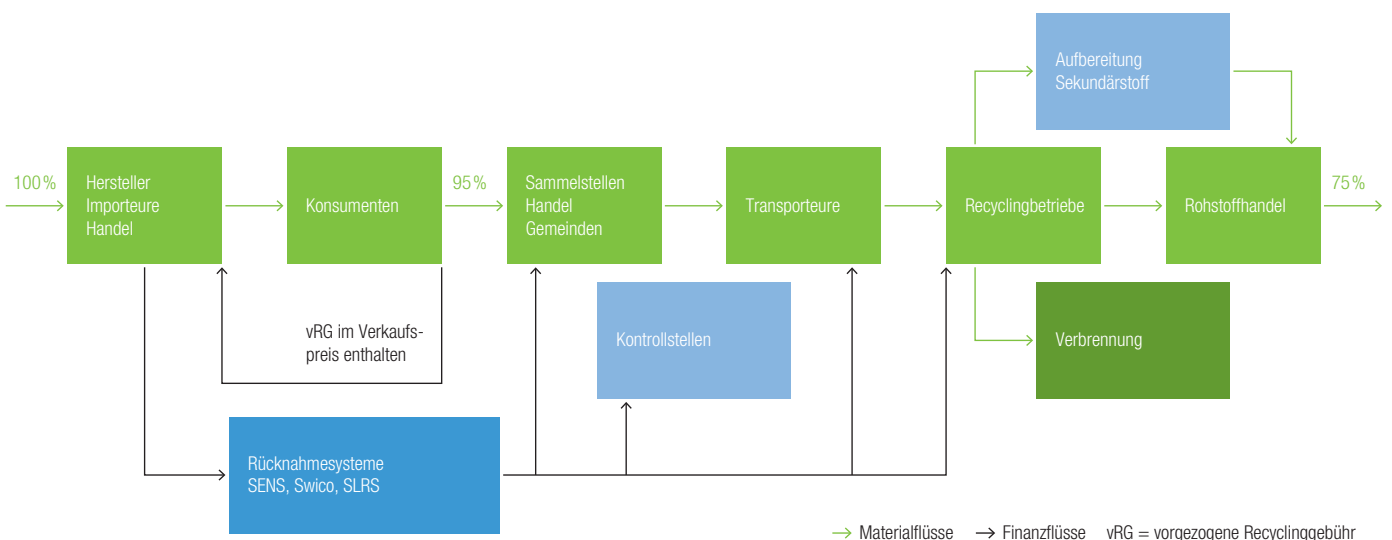
Mit der internationalen Vernetzung der drei Organisationen auf europäischer Ebene – beispielsweise im Falle von SENS und Swico als Mitglieder des WEEE-Forums (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) – helfen sie mit, auch grenzüberschreitend Massstäbe beim Recycling von elektrischen und 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, das gewährleistet, dass sich SENS, Swico 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.

Abbildung: Die Rücknahmesysteme im Überblick



Stiftung SENS

Die Stiftung SENS ist eine unabhängige, neutrale und nicht gewinnorientierte Stiftung und tritt gegen aussen mit der Marke SENS eRecycling auf. Ihr Fokus liegt auf der Rücknahme, der Wiederverwertung und der Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten der Bereiche Haushaltklein- und Haushalt-grossgeräte, Bau-, Garten- und Hobbygeräte sowie Spielwaren. Dazu arbeitet die Stiftung SENS eng mit spezialisierten Netzwerken zusammen, in denen die am Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten beteiligten Parteien vertreten sind. In Kooperation mit ihren Partnern setzt sich die Stiftung SENS dafür ein, dass das Recycling dieser Geräte im Einklang mit ökonomischen und ökologischen Grundsätzen stattfindet.

Swico

Swico Recycling ist ein Spezialfonds innerhalb des Wirtschaftsverbands 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, beispielsweise Kopierer, Drucker, Fernsehapparate, MP3-Player, Handys, Fotokameras usw. Eine enge Zusammenarbeit mit der Empa, der Forschungs- und Dienstleistungsinstitution für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung innerhalb des ETH-Bereichs, trägt entscheidend dazu bei, dass Swico hohe und schweizweit einheitliche Qualitätsstandards bei allen Entsorgungsdienstleistungen durchsetzen kann.

Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)

Die 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.

SN EN 50625 Serie und Stand der Technik

Das Jahr 2016 stand unter dem Zeichen der Diskussion über die Umsetzung der Normenserie SN EN 50625. Die Systeme SENS und Swico haben sich dabei für getrennte Wege entschieden. Seit dem 1. Januar 2017 werden die Recyclingbetriebe in der Schweiz nach zwei verschiedenen technischen Grundlagen, aber mit den gleichen Protokollvorlagen auditiert.

Nach einer zweijährigen Pilotphase zur Einführung der SN EN 50625 hat sich SENS eRecycling entschieden, mit deren definitiver Einführung zuzuwarten und die Vertragspartner weiterhin nach dem Stand der Technik der Schweiz zu auditieren. Die geltenden technischen Vorschriften von Swico und SENS wurden vom Bundesamt für Umwelt (BafU) mit Schreiben vom 10. April 2012 als Stand der Technik in der Schweiz erklärt. Gleichzeitig arbeitet das BafU seit Ende 2014 zusammen mit den Kantonen, den Recyclingbetrieben und den Systemen im Zuge der Revision der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) an einer Aktualisierung des Standes der Technik.

Stand der Technik

Im Zweckartikel der VREG heisst es, dass die Verordnung sicherstellen soll, «... dass elektrische und elektronische Geräte, die nicht weiterverwendet werden, umweltverträglich und nach dem Stand der Technik entsorgt werden...». Der Stand der Technik gemäss Artikel 3 der neuen Abfallverordnung (VVEA) beschreibt den aktuellen Entwicklungsstand von Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der bei vergleichbaren Anlagen oder Tätigkeiten im In- oder Ausland erfolgreich ist oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurde und nach den Regeln der Technik auf andere Anlagen oder Tätigkeiten übertragen werden kann. Überdies ist er für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche wirtschaftlich tragbar.

Die Umsetzung der Cenelec Normenserie SN EN 50625 in der Schweiz war von Beginn weg an die Bedingung geknüpft, dass die neuen Vorschriften zumindest gleichwertig oder strenger, aber nicht weniger streng als die geltenden technischen Vorschriften sein dürfen und damit dem schweizerischen Stand der Technik entsprechen müssen. Deshalb wurde ein Zusatzdokument Cenelec-CH erarbeitet, das diejenigen Bestimmungen festhält, welche die Cenelec-Norm nicht abdeckt, die aber im Stand der Technik der Schweiz gefordert sind. Dieses Dokument wird mit dem Vorliegen des aktualisierten Standes der Technik gemäss VREG überarbeitet werden.

Technische Kommissionen

Ungeachtet der verschiedenen Wege, welche die Systeme seit Januar 2017 beschreiten, werden die Audits weiterhin gemeinsam durchgeführt. Auch die gemeinsame Technische Kommission wird weitergeführt, um die Auditaktivitäten und die Durchführung von Batchversuchen zu koordinieren. Die Sitzungshäufigkeit der gemeinsamen Kommission wird reduziert. Parallel dazu werden jedoch die separaten Technischen Kommissionen von SENS und Swico aufgewertet. Bei Swico soll diese punktuell zusammen mit den Recyclern erweitert werden. Das Auditorenteam von SENS wurde mit Daniel Savi vom Büro für Umweltchemie GmbH erweitert. Er ersetzt den zurückgetretenen Ueli Kasser.

Konstant hohe Mengen verarbeitet

Nach einem starken Anstieg im Jahr 2015 sind dieses Jahr die verarbeiteten Mengen konstant hoch geblieben. Während die Masse an verarbeiteten Elektronikgeräten wegen des Rückgangs der schweren Röhrenbildschirme stetig abnimmt, können Kategorien wie Elektrokleingeräte und Kühlgeräte weiter zulegen.

Im Jahr 2016 haben die Swico- und SENS-Recycler rund 131'800 Tonnen E+E-Geräte verarbeitet. Im Vergleich zum Vorjahr entspricht dies einer geringen Abnahme von 0,2% (Tabelle 1 und Abbildung 1). Am meisten abgenommen hat die Verarbeitung von Nicht-VREG-Geräten, die nicht in den Listen der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) aufgeführt sind. Ebenfalls abgenommen hat die Menge an verarbeiteten Elektronikgeräten, was auf den weiteren Rückgang der schweren Röhrenbildschirme von Computer-Monitoren und Fernsehern zurückzuführen ist. Wie auch schon im Vorjahr haben die Mengen an verarbeiteten Elektrokleingeräten und Kühlgeräten mit 12 bzw. 6% weiter zugenommen. Die Mengen an verarbeiteten

Photovoltaik-Ausrüstungen liegen immer noch knapp unter 100 Tonnen.

Wertstoffverwertung

Aus den verarbeiteten E+E-Geräten werden durch manuelle und maschinelle Verarbeitung Wert- und Schadstofffraktionen gewonnen (Abbildung 2). Die grösste Wertstofffraktion bilden die Metalle mit 59%. Der Anteil an Kunststoff-Metall-Gemischen (18%) und Kunststoffen (8%) hat sich im Vergleich zum Vorjahr nicht verändert. Der Anteil des Glases aus der Bildröhrenverarbeitung ist gesunken und beträgt noch 4%. Die besonders wertvollen Leiterplatten machen nur 1,3% der Gesamtmenge aus. Dennoch lohnt es sich oft, die besonders wertvollen Materialien vorgängig zur mechanischen Verarbeitung manuell

zu entfrachten. Die gewonnenen Wertstofffraktionen werden nach Möglichkeit stofflich oder thermisch verwertet. Metalle werden in grossen, meist europäischen Schmelzwerken zurückgewonnen. Kunststoff-Metall-Gemische gehen zu rund 60% in eine weitere Aufbereitung, bei der eine Trennung in reine Metall- und Kunststofffraktionen erfolgt, rund 40% wird in Verbrennungsanlagen thermisch verwertet. Der Anteil an Kunststoffen, der einer stofflichen Verwertung zugeführt wird, ist im Vergleich zum Vorjahr von 64% auf 73% angestiegen. Weiterverarbeitet werden Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien. Dies führt insgesamt zu einer unveränderten stofflichen Verwertungsquote von rund 73%.

Schadstoffentfrachtung

Der Anteil an erzeugten Schadstofffraktionen ist konstant geblieben und macht weniger als 1% aus (Abbildung 2). Deren Entfrachtung gehört jedoch neben der Rückführung der Wertstofffraktionen in

Tabelle 1: Total verarbeitete elektrische und elektronische Geräte in der Schweiz in Tonnen aus der Stoffflusserhebung

Jahr	Elektrogrossgeräte	Kühl-, Gefrier- und Klimageräte	Elektrokleingeräte	Elektronikgeräte	Leuchtmittel	Photovoltaik	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	2'800	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
2015	32'900	18'100	25'000	51'900	1'100	100	3'000	132'100
2016	32'500	19'200	27'900	49'000	1'100	100	1'900	131'800
Veränderung gegenüber Vorjahr	-1%	6%	12%	-6%	0%	0%	-37%	-0,2%

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

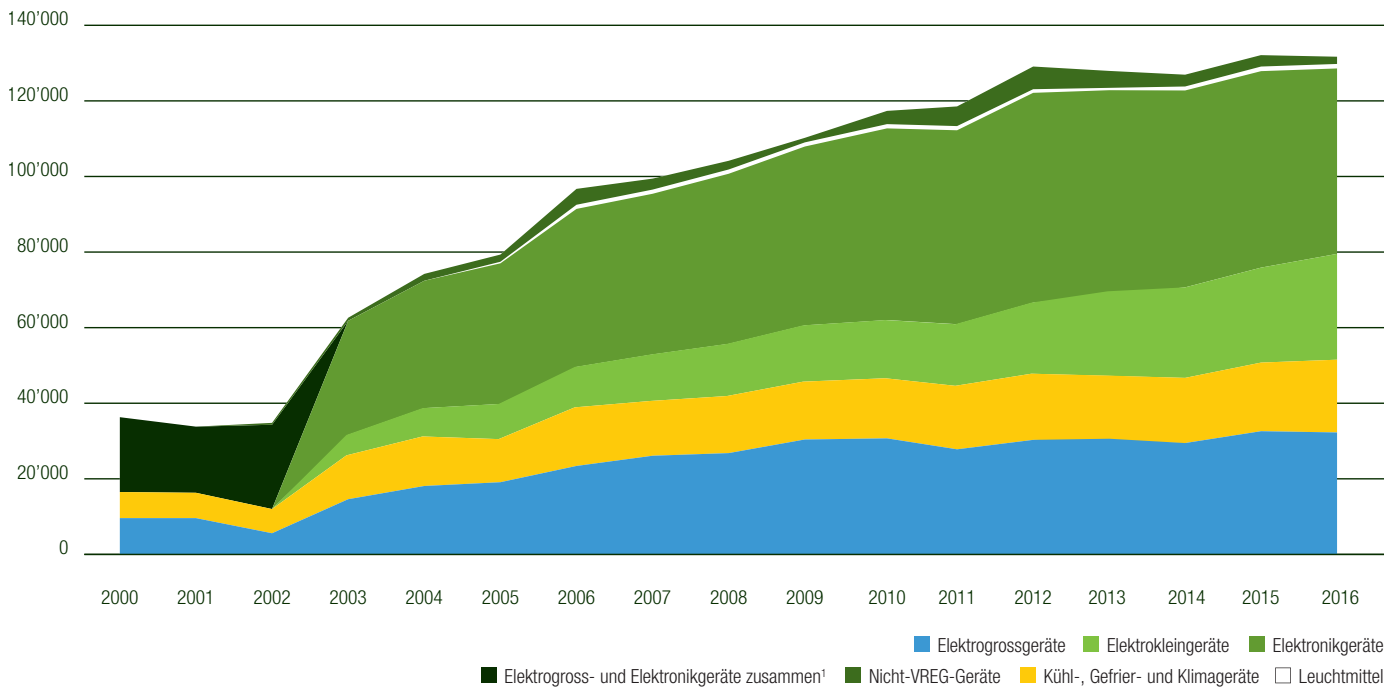
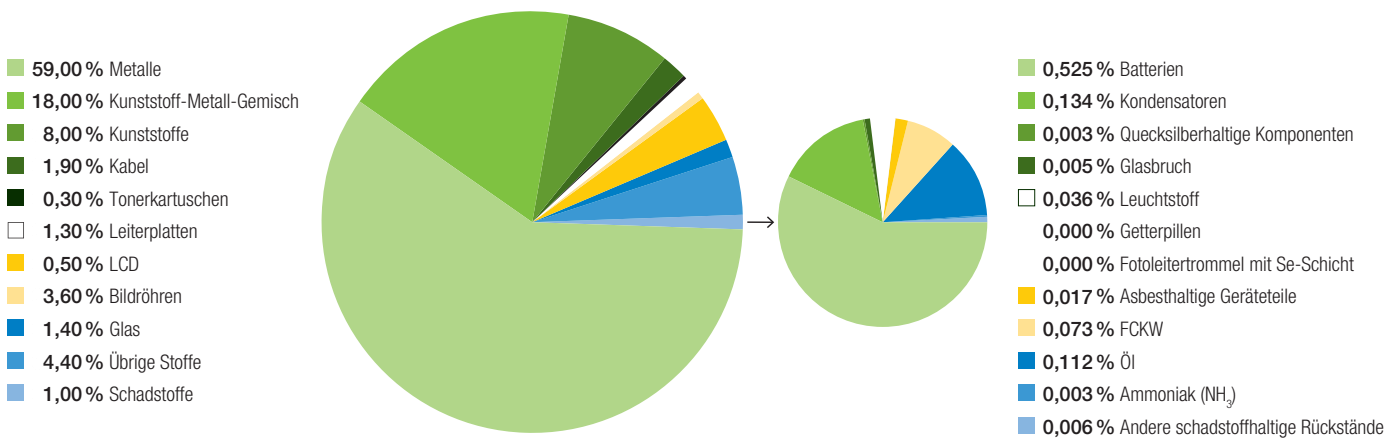


Abbildung 2: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2016



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

¹ Elektroklein- und Elektronikgeräte zusammen: Diese Zahl ist grösser als die 49'000 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Tabelle 2: Gesammelte Swico-Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp

	Anzahl ⁴	Ø-Gewicht	Metalle	Kunststoffe	Metall-Kunststoff-Gemische	Kabel	Glas- und/oder LCD-Module	Leiterplatten	Schadstoffe	Weiteres ⁵	Total	Zu-/Abnahme gegenüber 2015
PC Monitor CRT	70	18 kg	184 t	250 t	119 t	32 t	550 t	115 t	0,1 t	6 t	1'257 t	-39 %
PC Monitor LCD	625	6,1 kg	1'503 t	1'211 t	73 t	47 t	598 t	271 t	35,1 t	95 t	3'834 t	29,7 %
PC/Server	395	11 kg	3'706 t	259 t	12 t	138 t		375 t	14 t		4'506 t	-15,3 %
Laptop	425	2,8 kg	355 t	331 t	120 t	6,0 t	103 t	170 t	81 t	4,9 t	1'171 t	-3,6 %
Drucker	540	12 kg	2'233 t	3'390 t	388 t	34 t	43 t	110 t	1,9 t	102 t	6'303 t	3 %
Grosskopierer / Grossgeräte	55	137 kg	4'104 t	282 t	2'695 t	136 t	5,0 t	61 t	65 t	193 t	7'540 t	17 %
IT gemischt ²		3,4 kg	1'148 t	76 t	760 t	38 t	1,1 t	16 t	18 t	53 t	2'111 t	1 %
CRT-Fernseher	621	25 kg	752 t	1'560 t	254 t	27 t	4'934 t	93 t	7 t	4,1 t	7'631 t	-34 %
LCD-Fernseher	310	19 kg	1'830 t	681 t	399 t	52 t	332 t	318 t	42 t	132 t	3'786 t	51,8 %
UE gemischt ³	204	3,5 kg	6'062 t	402 t	4'015 t	202 t	5,7 t	87 t	96 t	281 t	11'151 t	-0,8 %
Telefon mobil	3'151	0,20 kg	23 t	51 t			7,5 t	32 t	29 t		143 t	-5 %
Telefon Rest	710	1,8 kg	1'454 t	96 t	963 t	48 t	1,4 t	21 t	23 t	67 t	2'674 t	-3,6 %
Foto/Video	1'486	0,90 kg	88 t	5,8 t	58 t	2,9 t	0,1 t	1,3 t	1,4 t	4,1 t	162 t	-6,8 %
Dental	180										93 t	8 %
Total in Tonnen			23'443	8'595	9'857	765	6'581	1'671	414	943	52'362⁶	-4,3 %
Total in Prozent			45 %	16 %	19 %	1,5 %	13 %	3,2 %	0,8 %	1,8 %	100 %	

den Materialkreislauf zu den wichtigsten Aufgaben der Schweizer Recycler. Auch die Schadstoffentfrachtung erfolgt zum grossen Teil manuell. So werden zum Beispiel Kondensatoren aus Haushaltgrossgeräten 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 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.

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 2016 hat Swico Recycling 52'362 Tonnen Elektronikgeräte zurückgenommen, 4,3 % weniger als im Vorjahr. Gewichtsmässig am meisten abgenommen hat mit über 30 % die Rücknahme von CRT-Monitoren und CRT-Fernsehern. Dagegen ist die Menge an zurückgenommenen LCD-Monitoren und LCD-Fernsehern stark angestiegen. Die Anzahl gesammelter Mobiltelefone und Smartphones konnte nur leicht gesteigert werden. Aus der Warenkorbanalyse resultierte für Mobiltelefone ein etwas tieferes

Durchschnittsgewicht im Vergleich zu 2015, was eine gewichtsmässige Abnahme um 5 % ergibt. In den Kategorien IT gemischt und UE gemischt nimmt die Anzahl der zurückgenommenen Geräte zu, während das Durchschnittsgewicht abnimmt.

Die Zusammensetzung der einzelnen Gerätekategorien wird durch Verarbeitungsversuche ermittelt, die bei den Swico-Recyclern durchgeführt und von der Empa begleitet werden. Dabei wird eine zuvor festgelegte Menge an Geräten gesammelt und die entstehenden Fraktionen dokumentiert. Die detaillierten Rücknahmemengen an Elektronikgeräten und ihre Zusammensetzung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

² IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PC/Server, Laptops, Drucker, Grosskopierer/Grossgeräte

³ Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte

⁴ Hochrechnung, Anzahl in 1'000 Stück

⁵ Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen

⁶ Diese Zahl ist grösser als die 49'000 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Werden Geräte zerlegt, wächst die Gesellschaft zusammen

Die schweizweit rund 80 SENS- und Swico-Zerlegebetriebe bieten nicht nur einen ökologischen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Viele dieser Organisationen unterstützen einen sozialen Zweck und helfen Menschen in sehr unterschiedlichen Lebenssituationen.

Nach ihrer Sammlung in den offiziellen SENS- und Swico-Sammelstellen sowie im Handel wurden im Jahr 2016 ca. 30'000 Tonnen Elektroaltgeräte (EAG) in den landesweit rund 80 Zerlegebetrieben (ZB) manuell verarbeitet. Die ZB entfernen die Schadstoffe, bevor das Material bei einem Recycler geschreddert wird. Die meisten ZB machen mehr als Schadstoffentfrachtung: Sie nehmen die Geräte auseinander und sortieren die Fraktionen, sodass u. a. viel Metall und Kunststoff nicht mehr im Schredder verarbeitet werden muss.

Für die technische Kommission SENS/Swico wird immer deutlicher, dass die Schadstoffe in EAG mit einer manuellen Zerlegung besonders zuverlässig entfernt werden können. Denn die Fraktionen, die wertvoll oder gefährlich sind, können so sauber getrennt und sicher gelagert werden. Das erhält die Ressourcen und schützt die Umwelt.

Es werden zwei Typen von ZB unterschieden: private Firmen und Organisationen für die soziale Integration. Einerseits sind rund 30 Privatunternehmen aus Bereichen wie Abfall oder Transport als ZB tätig. Sie generieren mit der Schadstoffentfrachtung von Haushaltsgrossgeräten ein Nebeneinkommen. In einer Firma sind meistens eine bis drei Personen für die Zerlegeaktivitäten verantwortlich. Die Aufgaben sind zeitlich flexibel und bieten den Mitarbeitern Abwechslung, u. a. während einer Lehre als Rezyklist. Die entfrachteten Geräte werden daraufhin im Schredder verarbeitet.

Andererseits kombinieren über 50 ZB ihre Tätigkeiten mit der sozialen Integration. Kompetente Betreuungspersonen unterstützen in diesen Betrieben die Mitarbeiter technisch und organisatorisch. Manche ZB arbeiten direkt mit Sozialbehörden zusammen, andere akquirieren neben den SENS- und

Swico-Aktivitäten eigene Kunden, z. B. für einfache Industriearbeiten. Es wird fast immer Swico-Material verarbeitet, aber auch SENS-Kleingeräte.

Die EAG werden in einigen Betrieben weitgehend in Einzelteile zerlegt, wodurch die Qualität der einzelnen Fraktionen sehr hoch wird. Besonders gut ist die Qualität, wenn es Mitarbeiter gibt, die bereits länger im Betrieb tätig sind. Oft bleiben diese jedoch nur ein paar Monate. Darum spezialisieren sich gewisse Betriebe auf einen Gerätetyp, z. B. Flachbildschirme. Mehr als die Hälfte der über 50 ZB bieten 15 Arbeitsplätze oder mehr an. So arbeiten fast 1'000 Menschen in Schweizer sozialen ZB als Teilzeit-, Vollzeit-, temporäre oder unbefristete Mitarbeiter.

Häufig verfolgen soziale Institutionen mit den ZB das Ziel, die Mitarbeiter wieder in den Arbeitsmarkt zu integrieren. Während die einen Institutionen viel mit Jugendlichen arbeiten, haben sich andere auf Langzeitarbeitslose fokussiert. Diese sind bald pensioniert und können nur noch selten eine neue Stelle finden. Auch Menschen, die im «klassischen» Arbeitsumfeld nicht tätig sein können oder dürfen, finden in einem ZB einen geregelten Alltag und ein offenes soziales Umfeld. Das betrifft zum Beispiel:

- Menschen mit einer psychischen oder körperlichen Behinderung
- Alkohol- oder drogensüchtige Menschen
- Gefangene oder Straffällige, die für die Abzahlung einer Strafe gemeinnützige Arbeit leisten
- Asylsuchende

Die Arbeit erfordert zu Beginn wenig Qualifizierung und ermöglicht grosse Flexibilität ohne den sonst üblichen Zeitdruck und die Konkurrenz. Die Arbeit muss körperlich nicht belastend sein und eignet sich

sowohl für Männer als auch für Frauen. Der Einsatz im Betrieb kann den Mitarbeitern ermöglichen, eine gute Referenz zu erhalten und sich weiterzubilden, u. a. in den Bereichen Sicherheit, Logistik, Recycling, Gefahrgüter oder in der Administration.

In einem ZB finden sich also sehr unterschiedliche Lebensgeschichten. Menschen bekommen eine zweite Chance in einem Bereich, der auch die Umwelt schützt. Durch die SENS- und Swico-Aktivitäten wird die nachhaltige Entwicklung also nicht nur auf der ökologischen Ebene vorangetrieben. Besonders in sozial ausgerichteten ZB ist der Beitrag zur gesellschaftlichen Nachhaltigkeit sehr wertvoll.



Arbeitsplätze in einem Zerlegebetrieb mit sozialen Zweck

Die Zahlen und Fakten aus diesem Artikel wurden aus den SENS- und Swico ZB-Auditprotokollen der Jahre 2015 und 2016 geschätzt, die die Autorinnen selbst durchgeführt haben.

LED-Leuchtmittel und LED-Leuchten im Recycling noch wenig präsent

LED-Leuchtmittel und -Leuchten erobern den Markt. Wie verändert diese Technologie die Beleuchtung im Alltag und das Recycling? Ein Überblick.

LED dominieren

Vom Verbot der Glühbirnen haben zunächst Energiesparlampen profitiert. Diese sind zwar energieeffizienter, beinhalten jedoch umwelt- und gesundheitsschädliches Quecksilber. Als stromsparende und umweltschonende Alternative haben sich deshalb LED-Leuchtmittel etabliert. LED ersetzen die Glühbirne, die Energiesparlampe und die stabförmige Leuchtröhre. Den Konsumenten gefällt zudem, dass in neuen LED-Leuchten das Leuchtmittel bereits integriert ist. Obschon noch nicht verboten, werden auch Halogen-Glühbirnen von LED-Leuchten verdrängt.

LED haben nicht nur ökologische, sondern auch emotionale Vorteile. Sie sind in unterschiedlichen Farbwiedergaben und Lichtfarben erhältlich. Es gibt eigentlich keinen Grund mehr, Alternativen zu LED zu kaufen. Strassenbeleuchtungen werden ebenfalls sukzessive durch LED-Leuchten ersetzt.

LED sind multifunktional

LED sind multifunktional und können in Steuersysteme integriert werden. Somit sind sie kombinierbar mit vielen anderen Anwendungen wie Lautsprechern, Photovoltaik oder WLAN. Sogar das Einschalten via Smartphone ist möglich. Und viele Möglichkeiten sind noch nicht ausgeschöpft, der LED-Technologie steht eine grosse Zukunft bevor.

LED stellen auf Recyclingebene indes eine Herausforderung dar. Wie erwähnt sind in Neuentwicklungen die LED-Leuchtmittel fest in die Leuchte integriert und können nur bedingt mehr ersetzt werden. Leuchte und Leuchtmittel verschmelzen immer mehr zu einer untrennbaren Einheit. Das bedeutet, dass Leuchtmittel mittelfristig nicht mehr separat verkauft oder gesammelt werden, sondern nur noch die ganzen Leuchten.

Aus Umweltsicht überwiegen die Vorteile

Dennoch überwiegen die Vorteile der LED-Leuchten. Sie benötigen viel weniger Strom für eine vergleichbare Lichtausbeute und beinhalten kein Quecksilber. Und sie benötigen auch keine Vorschaltgeräte, die früher PCB-haltige Kondensatoren enthalten haben. Aus Sicht der Schadstoffbelastung insgesamt bieten sie einen erheblichen Vorteil. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Deutschland hat die Firma Oekopol GmbH Schadstoffe in LED untersucht. Gemäss dieser Studie sind zwar immer noch Schadstoffe in den LED-Leuchtmitteln vorhanden, vor allem in den Halbleiterbauteilen. Die Mengen sind aber so gering, dass sie keinen negativen Einfluss auf Umwelt und Mensch haben. Im Vergleich zum schädlichen Quecksilber in einer Energiesparlampe sind LED-Leuchtmittel harmlos.

Herausforderung in Sammellogistik und Recycling

Für das Recycling stellt der Trend hin zu LED auf verschiedenen Ebenen eine Herausforderung dar. Die heutigen Leuchtmittel sind so vielfältig und die LED-Retrofit-Leuchten einer Energiesparlampe so täuschend ähnlich, dass es dem Fachpersonal und den Konsumentinnen und Konsumenten gegenwärtig schwerfällt, die Leuchten richtig zu klassieren. Daher werden bis auf Weiteres alle Leuchtmittel gemischt gesammelt, unabhängig davon, ob sie Quecksilber oder LED-Technologie beinhalten. Die Triage in quecksilberhaltige und LED-Leuchtmittel muss daher beim Recycler sehr sorgfältig ausgeführt werden. Denn die heutigen Leuchtmittel-Recyclinganlagen sind auf das Ausscheiden des quecksilberhaltigen Materials ausgelegt, und LED-Leuchtmittel können in diesen Anlagen nicht recycelt werden.

LED-Leuchtmittel und -Leuchten werden in Recyclinganlagen für kleine Elektro-Haushaltsgeräte verarbeitet. Die Rückgewinnung der LED-Elemente oder der seltenen Metalle in den Halbleitern ist derzeit weder kommerziell noch technisch interessant. Dafür sind die Rücknahmemengen noch zu gering. Die technische Machbarkeit wird derzeit aber erforscht, um bei Bedarf für die Industrialisierung gerüstet zu sein.

Recyclingmengen hinken dem Trend hinterher

Der Verkauf von LED-Leuchtmitteln oder -Leuchten am Markt ist zwar explodiert, deren Rücknahme verläuft aber noch zaghaft. In der Schweiz beträgt der geschätzte Rücknahmeanteil von stabförmigen LED-Leuchtmitteln weniger als 0,2% und von nicht-stabförmigen LED-Leuchtmitteln weniger als 1,4% (Zahlen 2015). Das ist einestheils ein gutes Zeichen, weil es auf eine lange Lebensdauer der Produkte hinweist. Die meisten LED-Leuchtmittel und -Leuchten sind auf 25'000 Stunden und mehr ausgelegt. Genaue Zahlen sind noch nicht verfügbar, weil die LED-Leuchtmittel noch nicht separat gesammelt und rapportiert werden. Sobald diese Mengen steigen, wird eine genaue Rapportierung aber notwendig werden.



Literaturhinweis:
Oekopol GmbH (www.oekopol.de), «Expertise Leuchtdioden»

Swico und SENS regeln Sammlung und Beförderung von Lithium-Batterien gemäss ADR 2017

Die Arbeitsgruppe «LIB⁷ in EAG» erarbeitet in Absprache mit dem Bundesamt für Strassen (ASTRA) Erläuterungen und Empfehlungen für die Sammlung und Beförderung von LIB-haltigen EAG. Seit diesem Jahr gelten die neuen Regeln des ADR 2017 und die daraus abgeleiteten Bestimmungen im LIB-Merkblatt von Swico und SENS.

Die neue Sondervorschrift SV 636, welche die Beförderung von LIB-haltigen EAG regelt, trat mit dem ADR 2017, der europäischen Vereinbarung zum Transport gefährlicher Güter auf Strassen, Anfang Jahr in Kraft. Im Wesentlichen werden damit die im EAG-Merkblatt «Sammeln und Befördern von LIB-haltigen EAG» der TK Swico/SENS aufgeführten Bestimmungen rechtskräftig. Diese besagen unter anderem, dass alle LIB-haltigen EAG unverpackt beförderbar sind. Damit entfällt ein aufwendiges Sortieren und Bezettern von LIB-haltigen EAG, wie es noch im ADR 2015 gefordert wurde, weitgehend. Da bei diesen EAG das Gerät die Funktion der schützenden Verpackung übernimmt, dürfen sie nicht beschädigt werden. Deshalb ist Schüttgut, z. B. in Containern, für LIB-haltige EAG im ADR 2017 weiterhin nicht vorgesehen und daher unzulässig.



LIB-Merkblatt von Swico und SENS

Um das Risiko beim Transport weiter zu verringern, fordern die Systembetreiber Swico und SENS in Übereinstimmung mit SN EN 50625-1:2014, dass beschädigte EAG, die offensichtlich defekte LIB enthalten (z. B. aufgeblähte Handys), sowie lose LIB immer aussortiert und in Stahlfässer der Inobat-Batteriesammlung verpackt werden müssen. Dies bedingt geschultes Personal vor Ort, um solche LIB zu erkennen und auszusortieren, sowie eine Aufsicht der Kunden, die EAG in bereitgestellte Behältnisse einfüllen. Defekte LIB-haltige EAG, die mit der Inobat-Sammlung bei Batrec Industrie AG eingehen, werden dort mittlerweile statistisch erfasst. Zurzeit liegen noch keine Zahlen vor, aber die eingehende Menge sei, laut Batrec, gering.

Swico und SENS haben sich entschieden, dass unsortiert gesammelte EAG, also solche, die LIB enthalten könnten, nur in empfohlenen Gebinden mit einem Volumen < 3 m³ und einer Höhe < 1,5 m (z. B. Paletten mit maximal 3 Rahmen, wenn nötig mit Auskleidung) zu sammeln und zu befördern sind. SENS erlaubt zudem, garantiert LIB-freie Geräte, was mit einer Qualitätssicherung nachgewiesen werden muss, weiterhin als Schüttgut zu behandeln.

Die ADR-Regeln entwickeln sich bezüglich LIB rasch weiter. Bereits im letzten Herbst wurde eine weitere Änderung der SV 636 für die nächste Revision ADR 2019 beschlossen. Im Wesentlichen wird eine neue Sondervorschrift 670 eingeführt, die ausschliesslich für LIB-haltige EAG gilt und den jetzigen Text dazu zum grössten Teil übernimmt. So ist lose Schüttung von LIB-haltigen EAG weiterhin nicht zugelassen. Jedoch stellt SV 670 LIB-haltige EAG, deren LIB nicht die Hauptenergiequelle ist (z. B. Stützbatterien), völlig frei! Zudem spezifiziert SV 670

Verpackungsanforderungen, z. B. geeignete Massnahmen, die ergriffen werden müssen, um Beschädigungen der Geräte beim Befüllen oder Handhaben der Verpackung, z. B. durch die Verwendung von Gummimatten, zu minimieren. Oder die Verpackungen müssen so hergestellt und verschlossen sein, dass ein Verlust von Ladegut während der Beförderung verhindert wird, z. B. durch Deckel, widerstandsfähige Innenbeschichtungen und Abdeckungen für die Beförderung. Die SV 636 wird ausschliesslich und unverändert für «lose» LIB gelten und wird entsprechend angepasst. An den gegenwärtigen Swico- und SENS-Vorgaben und -LIB-Merkblättern wird sich inhaltlich nichts ändern.

Deutschland hat mittlerweile eine Multilaterale Vereinbarung (M303) vorgeschlagen, um die neue SV 670 bereits 2017 in Kraft zu setzen. Österreich hat die Vereinbarung bereits gezeichnet, womit sie in Kraft getreten ist. Das ASTRA wird, in Rücksprache auch mit der AG LIB, dieses Abkommen für die Schweiz ebenfalls ratifizieren.

ADR 2017 fordert «... ein Qualitätssicherungssystem, das sicherstellt, dass die Gesamtmenge an Lithiumzellen oder -batterien je Beförderungseinheit die Freigrenze von 333 kg nicht überschreitet. Diese Gesamtmenge darf anhand einer im Qualitätssicherungssystem enthaltenen statistischen Methode abgeschätzt werden. Eine Kopie der Qualitätssicherungsaufzeichnungen muss der zuständigen Behörde auf Anforderung zur Verfügung gestellt werden.»

Swico und SENS testen zurzeit, ob diese Anforderung gemäss ihren Analysen von Warenkörben und Batchtests erfüllt werden kann. Erste Resultate ergeben die Empa-Auswertungen der bei Batrec erhobenen Batterie-Daten aus den Swico-Batchtests von 2015-16. In diesen Tests wurden insgesamt 46'892 kg EAG (konfektionierte Chargen von IKT- und UE-Geräten ohne Bildschirme) verarbeitet, und diese ergaben bezüglich Batterien die folgenden Resultate:

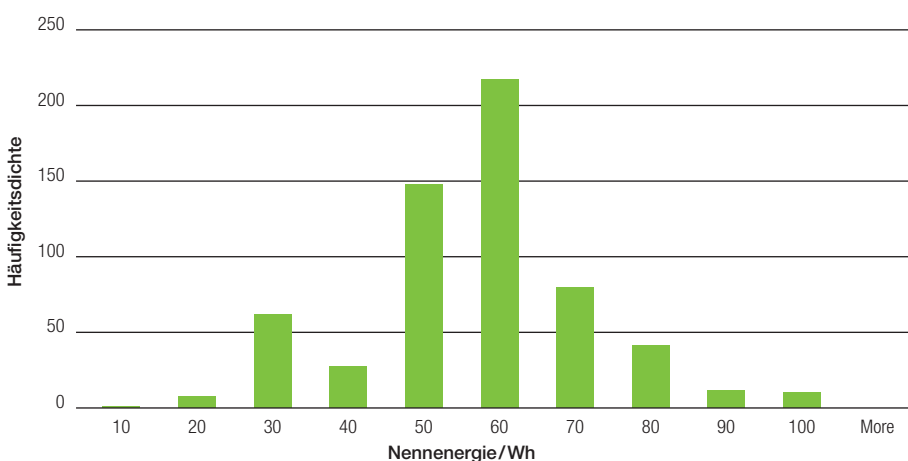
- 283,6 kg Batterien wurden ausgebaut (Massenanteil $w = 0.60\%$).
- Davon waren 214,0 kg LIB (75,5%). Der LIB-Gesamtmassenanteil ist somit $w = 0,46\%$.
- Davon waren 211,4 kg Li-Ionen-Batterien (98,7%), der Rest waren Li-Metall-Batterien.
- Von diesen waren lediglich 3,7 kg (1,7%) Einzelzellen, der Rest waren mehrzellige Batterien.
- Von den insgesamt 666 LIB waren 24 Stück defekt (= 4,0 kg, davon 13 Zellen); wobei die meisten durch den Schredder beschädigt wurden, und nur 3 Stück (5%) waren wahrscheinlich bereits vorher defekt.
- Von den 600 ablesbaren LIB aus Swico-EAG hatte die grösste Gruppe eine Nennenergie im Bereich von 50 bis 60 Wh und keine hatte über 100 Wh.

Um die Freigrenze von 333 kg zu erreichen, müsste die Gesamtladung eines solchen Gemisches eine Masse von über 72 t haben. Dies ist mindestens ein Faktor 3 über den maximalen Fahrzeugfrachten, womit ein solches Gemisch zurzeit noch weit unter der Freigrenze liegt. Diese Untersuchungen werden auf andere LIB-haltige Gerätekategorien ausgeweitet und sollen als Qualitätssicherungsaufzeichnungen für Beförderungen dienen können. Eine wichtige zu untersuchende Gruppe werden die aussortierten LIB-haltigen SENS-Geräte sein, die entsteht, wenn die nicht LIB-haltigen EAG in Schütt-Containern gesammelt werden. Ihr LIB-Massenanteil nimmt wahrscheinlich stark zu, und die Einhaltung der Freigrenze könnte problematisch werden.



Beispiele defekter LIB aus den Swico-Mix-Batchtests: einzelne Zelle (oben) und Laptop-Batterie (unten)

Abbildung: Histogramm der Nennkapazitäten der im Batchtest entnommenen LIB



⁷ LIB steht für Lithium-Metall- bzw. Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien und EAG steht für Elektroaltgeräte.

Stand des Wissens über moderne Kondensatoren

Das Wissen über Flüssigkeiten in PCB-freien Kondensatoren weist noch Lücken auf. Damit die künftigen Regeln für die Behandlung von PCB-freien Kondensatoren erarbeitet werden können, müssen die Inhaltsstoffe besser bekannt sein. Eine Studie im Auftrag von SENS und Swico ermittelt, welche Stoffe in flüssiger oder gelöster Form in PCB-freien Kondensatoren vorkommen können. Bereits wurde eine Literaturstudie durchgeführt, um den Stand des Wissens zu dokumentieren. Doch welche Stoffe kommen wie häufig in Kondensatoren vor? Mit einer Probenahme soll diese Frage für den heutigen Rückfluss von Elektro- und Elektronikgeräten in der Schweiz beantwortet werden.

Die Schweizer Recycler entfernen Kondensatoren manuell aus Altgeräten, wenn sie grösser als ein Daumen sind. Diese Regel wurde aufgestellt, damit die umweltfreundliche Entsorgung der PCB in den Kondensatoren sichergestellt ist. Seit dem PCB-Verbot 1986 sind 30 Jahre vergangen. Immer wieder wird die Frage nach dem Anteil PCB-haltiger Kondensatoren im heutigen Rücklauf gestellt. Verschiedene Studien u. a. auch durch SENS und Swico in der Schweiz (2007, 2009) haben gezeigt, dass der Anteil PCB-haltiger Kondensatoren stetig abnimmt und in gewissen Gerätegruppen nicht mehr nachweisbar ist. Eine Ausnahme bilden die FL-Leuchten, deren Vorschaltgeräte nach wie vor einen grossen Anteil PCB-haltiger Kondensatoren aufweisen. Aus der Kontrolltätigkeit wissen die Auditoren der technischen Kontrollstelle, dass die PCB-haltigen Kondensatoren zwar weniger werden, jedoch immer noch regelmässig in den Geräten vorkommen. Besonders die Recycler stellen heute das Entfernungsgebot in Frage. Oft herrscht die Idee vor, dass das Entfernungsgebot mit dem Verschwinden der PCB-haltigen Kondensatoren fallen wird. Aus Sicht der technischen Kontrollstelle ist dies jedoch eine offene Frage.

Klassierung der bedenklichen Stoffe

Die SN EN 50625, die technischen Vorschriften von SENS und Swico und auch die WEEE-Direktive halten übereinstimmend fest, dass neben den PCB-haltigen Kondensatoren auch

«Elektrolyt-Kondensatoren, die bedenkliche Stoffe enthalten,» mit einer Höhe > 25 mm, einem Durchmesser > 25 mm oder proportional ähnlichem Volumen aus Elektro- und Elektronikgeräten entfernt werden müssen. Die Formulierung dieser Vorschrift wirft gleich mehrere Fragen auf. Es ist einerseits nicht klar, weshalb explizit Elektrolyt-Kondensatoren angesprochen werden, da auch zahlreiche andere Folienkondensatoren Flüssigkeiten enthalten können. Wenn die Vorentfrachtung das Ziel verfolgt, dass keine Schadstoffe unkontrolliert über die Fraktionen verschmiert werden, dann muss die Regel sinnvollerweise auf alle Kondensatoren angewendet werden, die nennenswerte Flüssigkeitsmengen enthalten. Zudem ist der Begriff der «bedenklichen Stoffe» in keinem der Regelwerke definiert. Die Technische Kontrollstelle wird also festlegen müssen, welche Stoffe als bedenklich gelten sollen. Diese Festlegung geschieht sinnvollerweise über Kriterien zur Ökotoxizität und der Persistenz in der Umwelt, die für alle Stoffe gleichermaßen gelten. Damit die Vielzahl möglicher Stoffe beurteilt werden kann, werden sich diese Kriterien auf ein bestehendes Klassierungssystem für die Stofftoxizität stützen müssen. Dafür prädestiniert sind die H-Sätze des global harmonisierten Systems zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien. Mit einem solchen Regelsystem lassen sich dann alle Stoffe – auch heute noch nicht bekannte – in bedenkliche und unbedenkliche einteilen.

Abklärung der Inhaltsstoffe moderner Kondensatoren

Die flüssigen und gelösten Inhaltsstoffe PCB-freier Kondensatoren klärt derzeit das Büro für Umweltchemie in einer Studie im Auftrag von SENS und Swico ab. Bereits wurde die Literatur nach dem bekannten Wissen über flüssige Inhaltsstoffe von PCB-freien Kondensatoren durchsucht. Flüssige Inhaltsstoffe können die Funktion eines Elektrolyten haben, typischerweise in Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren. Flüssige Stoffe werden jedoch auch als Dielektrikum, also als elektrischer Isolator in einer Reihe von Kondensatoren eingesetzt. Auch die PCB haben in Kondensatoren diese Funktion wahrgenommen. Wegen ihrer Grösse stehen hier vor allem Leistungskondensatoren im Fokus des Interesses. Sowohl als Elektrolyt wie auch als Dielektrikum können verschiedene Mischungen eingesetzt werden. Die Herstellerdeklarationen zu Kondensatoren sind bezüglich der enthaltenen Flüssigkeiten wenig hilfreich. Oft werden gar keine Inhaltsstoffe deklariert, manchmal nur Stoffgruppen, die wenig über die konkret verwendeten Chemikalien aussagen. Die genauesten Informationen erhält man beim Studium von Patentschriften. Allerdings bleibt dann oft unklar, wie verbreitet die patentierte Kondensator-technologie auch in den verkauften Kondensatoren eingesetzt wird.

In Elektrolyt-Kondensatoren muss die enthaltene Flüssigkeit die Elektrizität leiten können. Dafür werden geladene Teilchen, sogenannte Ionen, in Lösemitteln gelöst. Als Lösemittel sind nach Herstellerangaben Ethylenglycol und γ -Butyrolacton besonders verbreitet. Zugemischte Säuren liefern die benötigten gelösten Ionen, zum Beispiel Phthalsäuren. Die Literatur beschreibt eine Vielfalt weiterer Säuren, die in Kondensatoren verwendet werden können. Es ist derzeit noch weitgehend unklar, welche Säuren tatsächlich in den Elektrolyt-Kondensatoren vorkommen, die heute in die Entsorgung gelangen. In Folienkondensatoren mit flüssiger Imprägnierung

muss die enthaltene Flüssigkeit ganz andere Anforderungen erfüllen. Diese Flüssigkeiten sollen keinen Strom leiten. Zudem müssen sie auch bei erhöhten Temperaturen und über lange Zeiträume stabil bleiben. Für diese Funktion wurden früher PCB eingesetzt, bis sie verboten wurden. Heute können natürliche Öle wie Rizinusöl oder Sojabohnenöl mit Zusätzen diese Funktion erfüllen. Vermutlich setzt die Industrie jedoch häufiger Mineralöle ein, die aus einem komplexen Gemisch von Kohlenwasserstoffen bestehen. Auch Phthalate und Diarylalkane eignen sich als Flüssigkeiten für diese Aufgabe. Besonders in Mikrowellenkondensatoren sind Diarylalkane weit verbreitet.

45 Inhaltsstoffe in PCB-freien Kondensatoren identifiziert

Aus der Literaturstudie identifizierten die Autoren 45 Inhaltsstoffe, die in PCB-freien Kondensatoren in Elektro- und Elektronikgeräten eingesetzt werden. Für die meisten dieser Inhaltsstoffe ist auch ihre Funktion im Kondensator hinreichend genau bekannt. Sind unter diesen Stoffen nun solche, die als «bedenklich» eingestuft werden müssen? Um diese Frage zu beantworten, ermittelten wir die H-Sätze für alle eruierten Inhaltsstoffe. Dann wurde ein Klassierungssystem entwickelt, das festlegt, welche H-Sätze einen Stoff als «bedenklich» qualifizieren. Dieses Klassierungssystem wird von den Technischen Kontrollstellen von SENS und Swico diskutiert werden,

bevor es dann in überarbeiteter Form auch publiziert werden kann. In der jetzigen Fassung ergeben sich zehn bedenkliche Substanzen, die in PCB-freien Kondensatoren vorkommen könnten. Diese sind in Tabelle 1 aufgelistet. Diese Zusammenstellung hat erst vorläufigen Charakter und kann sich im Laufe der Studie noch ändern.

Erhebung und Analyse von Kondensatoren

Im laufenden Jahr soll die Studie weitergeführt werden. Geplant ist eine Probenahme von Kondensatoren aus gesammelten Geräten im SENS- und Swico-System. Aus diesen Proben werden einerseits die PCB-haltigen und -verdächtigen Kondensatoren aussortiert, zum anderen sollen die Inhaltsstoffe der PCB-freien Kondensatoren bestimmt werden. Im Vordergrund steht natürlich die Frage, ob die bedenklichen Stoffe aus der Literaturstudie auch tatsächlich in den Kondensatoren im Recycling vorkommen. Zurzeit läuft die Planung der Probenahme. Das Konzept sieht eine Aussortierung von Kondensatoren nach Gerätearten vor. Davon erhoffen wir uns Rückschlüsse darauf, in welchen Gerätearten bestimmte Kondensatortypen vorkommen. Die aussortierten Kondensatoren werden dann sortiert in PCB-haltige, -verdächtige und -freie. Für Kondensatoren aus Haushaltsgrossgeräten und Leuchten wird die Probegrösse so gewählt, dass eine Aussage zum Anteil der PCB-haltigen Kondensatoren im heutigen

Rückfluss möglich ist. Die PCB-freien Kondensatoren aller Gerätearten werden typologisiert. Aus einer Auswahl dieser Kondensatoren soll dann die Zusammensetzung der flüssigen Inhaltsstoffe analysiert werden. Die Auswahl soll so getroffen werden, dass wir ein möglichst vollständiges Bild der eingesetzten Stoffe erhalten. Das genaue Analysekonzept wird erst erarbeitet, wenn die gesammelten Typen bekannt sind. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um mit einem finanzierbaren Analyseaufwand eine maximale Typenvielfalt von Kondensatoren abdecken zu können. Die Ergebnisse der Studie sollen helfen, die künftige Entsorgungspraxis für PCB-freie Kondensatoren festzulegen.



Kondensatoren aus Geschirrspülnern

Tabelle: Vorläufige Auflistung bedenklicher Stoffe und deren Verwendung in Kondensatoren

Trivialname	CAS-Nr.	Verwendung / Funktion
Polychlorierte Biphenyle	1336-36-3	Dielektrikum
1-Chlornaphthalin	90-13-1	Dielektrikum
1-Methylnaphthalin	90-12-0	Al-Elko / Elektrolyt
2,6-Diisopropylnaphthalin	24157-81-1	Mikrowellen-Kondensatoren / Dielektrikum
Biphenyl	92-52-4	Dielektrikum
Borsäure	11113-50-1	Elektrolyt
Butylhydroxyanisol	25013-16-5	Zusatz zu Dielektrikum Sojaöl zur Konservierung
Diisobutylphthalat	84-69-5	Dielektrikum
Naphthalin	91-20-3	Elektrolyt
Triphenylphosphat	115-86-6	Elektrolyt

Recyclingleistung der Swico-Verarbeitungspartner unter der Lupe

Zwischen Mitte 2015 und Mitte 2016 wurde bei den sechs Swico-Recyclingpartnern mit mechanischer Verarbeitung ein Batchversuch mit konfektionierter Eingangsmenge durchgeführt. Ziel des Versuches war nebst der Bestimmung der Recycling- und Verwertungsquoten ein Leistungsvergleich zwischen den Betrieben.

Wohl zum ersten Mal in Europa wurde die Versuchsmenge in einen Batchversuch (gemäss Cenelec 50625-1: Testchargenverarbeitung) von Geräten aus Informations- und Kommunikationstechnologien

sowie der Unterhaltungselektronik derart zusammengestellt, dass alle Betriebe nahezu die gleiche Zusammensetzung erhielten. Pro Betrieb wurde während rund drei Wochen ein Gerätemix zusammengestellt,

der einer durchschnittlichen Zusammensetzung des Materialflusses im Swico-System entspricht (exkl. Bildschirmgeräte).

Bestimmung der Recycling- und Verwertungsquoten nach Cenelec

Die schweizerische Norm SN EN 50625-1:2014 legt fest, wie Recycling- und Verwertungsquoten bestimmt werden müssen. Demnach beginnt der Ermittlungsprozess mit den unbehandelten

Tabelle 1: Klassierungen der Endnutzungen der verschiedenen Fraktionsanteile (Auszug)

Finale Fraktion	Finale Technologie	Finale Nutzung*					Grundlage und Annahmen
		R	ASV	EV	TB	AB	
Aluminiumfraktion «rein»	Aluminiumschemelze	95 %	1 %		4 %		95 % Al-Rückgewinnung; 1% andere Metalle als Reduktionsmittel; 4 % alle anderen organischen Fraktionen
Aluminiumfraktion «nicht rein»	Aluminiumschemelze	90 %	1 %		9 %		90 % Al-Rückgewinnung; 1% andere Metalle als Reduktionsmittel; 9 % alle anderen organischen Fraktionen
Batterien trocken	Batterierecycling	50 %			50 %		50 % Metall-Rückgewinnung; 50 % Kunststoffe ohne Nutzen in Hütte
Bleibatterien	Batterierecycling	94 %			6 %		67 % Blei-Rückgewinnung; 2 % andere Metalle; 6 % organische Anteile/ «heisse Technologie»; 21 % Schwefelsäure-Rückgewinnung; 4 % Kunststoffe
Eisenfraktion «rein»	Stahlwerk speziell	97 %		3 %			90 % Fe-Rückgewinnung; 5 % mineralische Fraktion; 2 % andere Metalle; 3 % andere organische Fraktionen
Eisenfraktion «nicht rein»	Stahlwerk traditionell	92 %		8 %			85 % Fe-Rückgewinnung; 5 % mineralische Fraktion; 2 % andere Metalle; 8 % andere organische Fraktionen
Kunststoff- / andere organische Verbindungen	Hausmüllverbrennungsanlage			62 %	33 %	5 %	62 % organische Anteile verwendet für Brennstoffsubstitution (R1 Anlage); 33 % organische Anteile für thermische Beseitigung; 5 % anorganische Anteile zur Beseitigung (Deponierung)
Kondensatoren	Sondermüllverbrennungsanlage				100 %		
Kunststoffe in eine Verwertung	Kunststoffverwertung	51 %		32 %	17 %		50 % Kunststoffe zur stofflichen Verwertung; 1 % Metalle; 32 % Kunststoffe zur energetischen Verwertung; 17 % Kunststoffe zur thermischen Beseitigung
Kupfer und graue Metalle «rein»	Kupferhütte «speziell»	95 %		5 %			75 % Cu-Rückgewinnung; 20 % andere Metalle; 5 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution
Kupfer und graue Metalle «nicht rein»	Kupferhütte «speziell»	90 %		10 %			70 % Cu-Rückgewinnung; 20 % andere Metalle; 10 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution
Leiterplatten / Mobiltelefone	Kupferhütte «speziell»	30 %		65 %	5 %		30 % andere Metalle; 65 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution; 5 % keine Nutzung – «kalte Technologie»

* R = Recycling; ASV = andere stoffliche Verwertung; EV = energetische Verwertung; TB = thermische Beseitigung; AB = andere Beseitigung (z. B. Deponierung)

Elektroaltgeräten und endet «... mit dem Erreichen des Abfallendestatus für Fraktionen oder mit der endgültigen Verwertung oder Beseitigung der Fraktionen». Die Bestimmung umfasst jeden einzelnen Schritt aller Betreiber innerhalb der Behandlungskette. Für alle Fraktionen, die einer Verwertung und Beseitigung zugeführt werden, müssen in der finalen Behandlung alle Fraktionsanteile einer endgültigen Nutzung zugeordnet werden. So sind bei einer letzten Behandlung, z. B. in einem Schmelzwerk, diejenigen Anteile zu bestimmen, die einem stofflichen Recycling (R) zugeführt werden können, sowie solche, die z. B. im Prozess als Reduktionsmittel (ASV = andere stoffliche Verwertung) verbraucht werden und in der Schlacke landen.

In einer gemeinsamen Stellungnahme der europäischen Verbände CECED, Digitaleuropa, WEEE-Forum und EERA vom Juni 2016 im Hinblick auf eine Änderung von Artikel 11 der europäischen Abfallrahmenrichtlinie zum Erlass neuer Regeln für eine Berechnung von Quoten wurde eingebracht, dass diese nicht am Eingang zum letzten Behandlungsprozess, sondern nach Abschluss der letzten Behandlung bestimmt werden soll, so wie dies die Cenelec-Norm vorsieht. Das heisst, in der Recyclingquote kann nur derjenige Massenanteil berücksichtigt werden, der wieder einem neuen Materialkreislauf zugeführt werden kann.

Bei den Swico-Batchversuchen wurden die Quoten gemäss SN EN 50625-1:2014 bestimmt, wobei für die Endprozesse standardisierte Klassierungen der Endnutzungen der verschiedenen Fraktionsanteile verwendet wurden (vgl. Tabelle 1). Diese wurden in denjenigen Fällen angepasst, wo der Betrieb bessere Werte seiner Endabnehmer nachweisen und entsprechend dokumentieren konnte.

Inputzusammensetzung und verarbeitete Massen

Tabelle 2 zeigt die vorgegebene Inputzusammensetzung sowie die prozentualen Abweichungen von dieser Rezeptur. Die Abweichungen waren bei fünf Betrieben bei allen Gerätetypen relativ gering (vgl. Fachbericht 2016), während beim sechsten Betrieb die Vorgaben für die Konditionierung bei Radios (-16,8%) und Boxen/Lautsprechern (+18,9%) nicht erfüllt werden konnten. Hinzu kamen in einzelnen Fällen Abweichungen zwischen den in den Betrieben und den bei der Konditionierung erfassten Gesamtmassen. Diese Abweichungen wurden bei der Interpretation der Resultate berücksichtigt.

Tabelle 2: Konditionierung des Batches

Gerätetyp	Vorgabe		Abweichung gegenüber Vorgabe
	Menge [t]	Anteil	
PC/Server	2'850	23,9%	0,1 - 2,9%
Drucker	2'570	21,6%	-0,1 - 3,4%
Radios	2'000	16,8%	-0,5 - 0,2%*
Boxen/Lautsprecher	1'470	12,3%	-0,5 - 0,3%*
Festnetztelefone	750	6,3%	-5,3 - 0,1%
Tastaturen	630	5,3%	0 - 0,7%
Notebook, Laptop Powerbook	600	5,0%	-1,6 - 0,5%
Switch	450	3,8%	-3,8 - 0%
Router/Modem	300	2,5%	-0,3 - 1,5%
Verstärker	300	2,5%	-2,5 - 2,6%
Total	11'920	100,0%	

* ein Betrieb hatte deutlich grössere Abweichungen

Hoher Anteil an manueller Vorzerlegung

In allen Betrieben erfolgt in einer ersten Behandlungsstufe eine manuelle Schadstoffentfrachtung sowie eine teilweise Vorzerlegung der Geräte für die nachfolgenden mechanischen Stufen. Aus der manuellen Verarbeitung resultiert eine erhebliche Anzahl Fraktionen, die entweder direkt einem Endprozess zugeführt oder in einer KVA oder einem spezialisierten Betrieb beseitigt werden. Je nach Betriebsstruktur und nachfolgender Verfahrenstechnik schwankt der Massenanteil der manuell erzeugten Endfraktionen an der gesamthaft verarbeiteten Masse zwischen rund 10 und 50%. Auch wenn mit zunehmender manueller Vorzerlegung ein höherer Anteil reiner Fraktionen direkt einer letzten Behandlung zugeführt werden kann, sind die erreichten Recyclingquoten bei Betrieben mit hohem Anteil an manueller Zerlegung zwar tendenziell, aber nicht in allen Fällen besser. So erreichte der Betrieb mit dem geringsten Anteil an manueller Vorzerlegung die höchsten Recyclingquoten, während der Betrieb mit dem höchsten Anteil an manueller Zerlegung zwar gute, aber nicht die besten Quoten erreichte.

Metallrecycling und Kunststoffverwertung

Entscheidend für das Erreichen einer hohen Recyclingquote ist einerseits die Maximierung des Metallrecyclings, andererseits eine möglichst weitgehende stoffliche Verwertung (R) von Kunststoffen. Diese müssen die Anforderungen gemäss TS 50625-3-1 erfüllen. Demnach ist für solche Kunststoffe der Nachweis zu erbringen, dass der Gesamtbromgehalt unter 2'000 ppm liegt. Zusätzlich ist gemäss den Bestimmungen des BafU der Nachweis zu erbringen, dass die bromierten Stoffe Penta- und Octa-BDE je unter 1'000 ppm liegen. Für Cadmium findet der Grenzwert von 100 ppm und für PCB von 50 ppm Anwendung. Diese Nachweise sind in der Schweiz noch nicht standardisiert, werden aber in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Die Zielwerte für Recycling können nur durch höhere stoffliche Verwertung der Kunststoffe erreicht werden.

Die Gesamtmetallmasse, die in den Kreislauf zurückgeführt werden kann, erreicht 47–56 % der Gesamtmasse, wobei der grösste Anteil auf Eisen (34–42%) entfällt. Die übrigen Metalle sind vor allem Aluminium und Kupfer, die je nach eingesetzter Technologie relativ rein oder vermischt anfallen (vgl. Tabelle 3).

Während die Unterschiede bei der Metallrückgewinnung eher gering ausfallen, unterscheiden sich die Betriebe stark bezüglich der stofflichen Verwertung der Kunststoffe. Diese schwankt zwischen nahezu 0 und 15%, was sich direkt auf die erreichten Quoten (siehe unten) auswirkt. Entsprechend variieren die einer energetischen Verwertung bzw. thermischen Beseitigung in einer KVA zuzuführenden Massen zwischen 28 und 43%. Dies kann auch das Resultat einer ungenügenden Trennung in den mechanischen Prozessen sein, was einen hohen Metallanteil in der Schredderleichtfraktion zur Folge hat und sich somit auch negativ auf die RQ auswirkt.

Tabelle 3: Bereiche der finale Fraktionen und der finalen Nutzungen

Gerätetyp	Endnutzen	Bereich	
		Min [%]	Max [%]
Metalle		47	56
- Fe	R	34	42
- Cu	R	0,7	6,1
- Al	R	0,3	5,4
- übrige Metalle	R	4	17
Kunststoffe		14	30
- stoffliche Verwertung	R	0,3	15
- energetische Verwertung	EV	17	26
- thermische Beseitigung	TB	0,5	6,5
andere		5	16
- energetische Verwertung	EV	0,1	9
- thermische Beseitigung	TB	2	8
Total KVA		28	43



Kondensatoren aus der manuellen Zerlegung

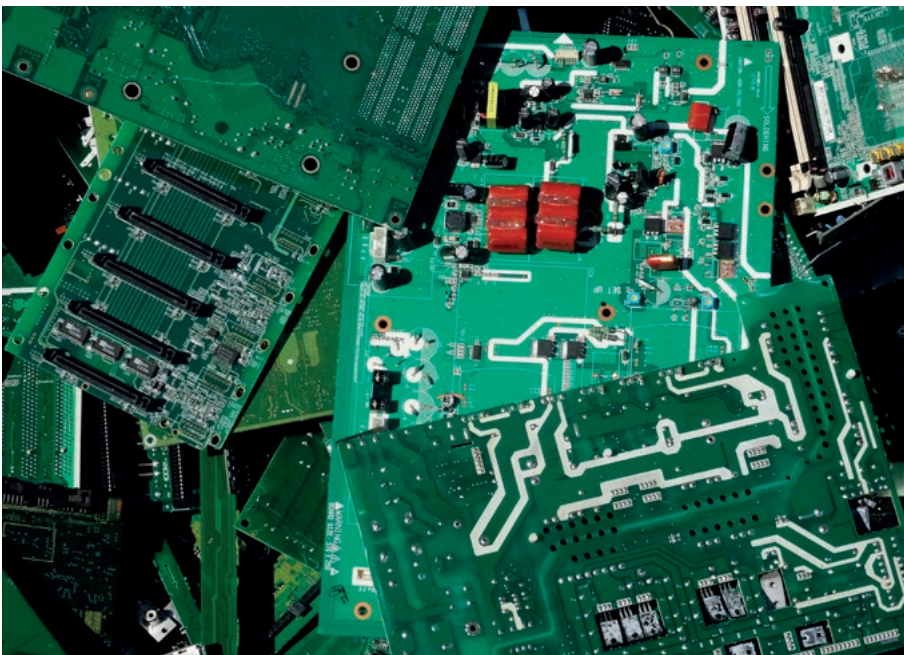
Resultate und Ausblick

Die Resultate der Versuche zeigen einen hohen Schwankungsbereich bei den erreichten Quoten. Bei den Recyclingquoten wurden Werte zwischen 53,8 und 70,8% und bei den Verwertungsquoten zwischen 84,5 und 93,3% ermittelt. Während die Verwertungsquoten durchwegs über dem Zielwert von 75 % liegen, erfüllen zwei Betriebe den Zielwert von 65 % beim Recycling noch nicht.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass aus europäischen Ländern oft über traumhaft hohe Recycling- und Verwertungsquoten berichtet wird. Aus unserer Sicht handelt es sich dabei um eine unzulässige Vereinfachung der (nicht nachvollziehbaren) Berechnungsansätze und um eine Ausserachtlassung der Anforderungen der Vorschriften gemäss SN EN 50625-1:2014. Die Norm wird gemäss dem Willen der EU-Kommission künftig den Stand der Technik in Europa bestimmen und soll im Rahmen der nächsten Revision der WEEE-Direktive als verbindlich festgelegt werden. Es ist deshalb zentral, dass die Berechnungsmethoden im Sinne der vorerwähnten Stellungnahme der europäischen Verbände harmonisiert werden.



Leiterplattenfraktion aus der mechanischen Verarbeitung



Leiterplatten aus der manuellen Zerlegung

Die aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse erlauben den Verarbeitungspartnern von Swico eine vergleichbare Einschätzung ihrer Recyclingleistung und die Identifizierung von Verbesserungsmassnahmen. Im Rahmen der Betriebskontrolle durch die Empa werden auch in Zukunft regelmässig Batchversuche gemäss den Vorgaben von SN EN 50625-1:2014 durchgeführt werden. Dabei sind die geforderten Zielwerte ungeachtet der Inputzusammensetzung zu erreichen. Ein wiederholtes Nichterreichen der Zielwerte kann die Kündigung des Zusammenarbeitsvertrages zur Folge haben.

Seit dem 15. August 2015 gelten gemäss der europäischen WEEE-Direktive verschärfte Anforderungen. Die Zielwerte wurden um 5% angehoben, sodass diese im Falle der Kategorien 3 und 4 neu 70% für das Recycling und 80% für die Verwertung betragen. SENS und Swico haben die erhöhten Quoten noch nicht eingeführt, sodass weiterhin die bisherigen Mindestquoten gelten.

Bei den Vorgaben zu den Recycling- und Verwertungszielen handelt es sich um eine massenorientierte Betrachtung, die nur die grossen Materialflüsse betrachtet und die Rückgewinnung seltener technischer Metalle ausblendet. Zudem sagen die Zielwerte nichts über die damit verbundene Umweltleistung aus. Im Rahmen einer ETH-Forschungsarbeit unter Leitung der Empa sollen deshalb die wissenschaftlichen Grundlagen für eine Beurteilung der Umweltleistung bei der Behandlung von Elektronikschrott untersucht werden. Resultate sind auf Herbst 2017 zu erwarten und werden im Fachbericht 2018 aufgenommen werden.

Quecksilberhaltige Flachbildschirme dominieren weiterhin

In der zweiten Hälfte 2016 wurden bei mehreren Recyclingbetrieben Batchversuche zur Bestimmung von Recycling- und Verwertungsquoten sowie der Zusammensetzung von Flachbildschirmgeräten durchgeführt.

Von den sechs Betrieben zerlegten je drei ausschliesslich TV-Geräte bzw. PC-Monitore. Für jeden Batchversuch wurden gemäss SN EN 50625-1:2014 mindestens 5 t oder 250 FPD-Einheiten so bereitgestellt, dass ein für den Normalbetrieb möglichst repräsentativer Gerätemix (Grösse und Alter der Geräte) manuell zerlegt werden konnte. Die Versuchsplanung wurde mit dem zugeteilten Kontrollexperten besprochen, die Versuche selbstständig durchgeführt und die Ergebnisse und die Fotodokumentation dem Kontrollexperten übergeben. Um die Recycling- und Verwertungsquoten zu bestimmen, wurden die bis zur Endnutzung nachfolgenden Behandlungsschritte für die erzeugten Zerlegefraktionen mit Werten aus RepTool abgebildet (Tabelle 2).

Die folgenden Tabellen geben die Resultate der Versuche in anonymisierter Form wieder. Von den ermittelten Werten wird der jeweilige Minimal- bzw. Maximalwert ausgewiesen.

Tabelle 1: Kenngrössen der Batchversuche

Flachbildschirmgeräte	TV-Geräte		PC-Monitore	
	Min	Max	Min	Max
Gesamtmasse/kg	3'047	5'143	1'354	9'271
Anzahl Geräte	250	332	250	1'930
Anteil CCFL	74 %	89 %	88 %	100 %
Anteil LED	11 %	26 %	0 %	12 %
Durchschnittsmasse/kg	12,2	18,3	4,8	5,7

Für eine manuelle FPD-Zerlegung sind entweder 5 t oder 250 Einheiten erlaubt. Die meisten Betriebe interpretierten die Anzahl von 250 FPDs als die Minimalanforderung. Auffallend ist die etwa dreimal grössere Durchschnittsmasse von TV-Geräten als von PC-Monitoren. Der Rücklauf von LED-Geräten ist noch deutlich geringer als der von Hg-haltigen CCFL-Geräten.

Tabelle 2: Massenanteile der aus den Geräten erzeugten Outputfraktionen sowie deren modellierte Anteile in den Klassierungen: Recycling (R), Andere Stoffliche Verwertung (ASV) plus Energetische Verwertung (EV).

Output-Fraktionen	Behandlung/Nutzung	TV-Geräte		PC-Monitore		Modell	
		Min	Max	Min	Max	R	ASV+EV
Eisen «rein»	zum Recycling	37,2%	46,6%	30,2%	37,4%	97%	3%
Cr-Ni-Stahl «rein»	zum Recycling	0,0%	0,3%	0,1%	0,4%	97%	3%
Aluminium «rein»	zum Recycling	3,9%	5,1%	6,0%	7,5%	95%	1%
Kupfer oder Messing «rein»	zum Recycling	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	90%	10%
Kunststoffe «KS-mix»	zur Weiterbehandlung	5,8%	17,5%	14,8%	31,0%	90%	10%
Kunststoffe «PMMA»	zum Recycling	5,1%	16,2%	15,8%	15,8%	90%	10%
Kunststoffe «KS-mix toxic»	zur Verbrennung	12,9%	12,9%	21,5%	21,5%	0%	62%
Kunststoff-Metall-Gemische	zur Weiterbehandlung	5,4%	22,4%	0,0%	0,0%	60%	26%
Leiterplatten	zum Recycling in Kupferhütte	7,1%	9,7%	6,4%	7,2%	30%	65%
Kabel und Stecker	zur Weiterbehandlung	0,8%	2,7%	0,9%	4,6%	50%	31%
Hintergrundbeleuchtung CCFL	zur Beseitigung	0,8%	1,0%	0,2%	0,9%	0%	0%
Hintergrundbeleuchtung LED	zur Weiterbehandlung	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0%	0%
LCD-Panel	zur Verbrennung (evtl. Lager)	7,3%	8,7%	7,7%	16,5%	0%	62%
Lautsprecher	zur Weiterbehandlung	2,0%	2,4%	0,3%	0,3%	97%	3%
Netzteil	zur Weiterbehandlung	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	76%	23%
Ventilator	zur Weiterbehandlung	0,0%	0,0%	2,7%	2,7%	76%	23%
Abfall	zur Verbrennung	4,0%	4,6%	0,3%	3,4%	0%	62%
Kondensatoren	zur (therm.) Beseitigung	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0%	0%

Die beiden massereichsten Fraktionen sind demnach die «reinen» Metalle (Fe, Al, Cu), von denen bis zu 97%, sowie die Kunststoffe, die im Durchschnitt zu 70% (TV) bzw. zu 83% (PC) zurückgewonnen werden können.

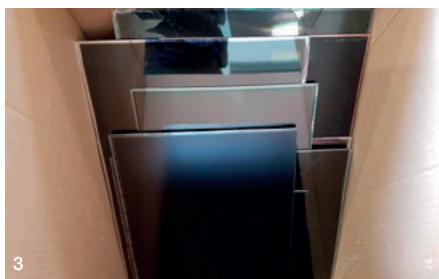
Tabelle 3: Erreichte Recycling- und Verwertungsquoten (RQ=R/Input bzw. VQ=RQ + (EV + ASV)/Input

Quoten	TV-Geräte		PC-Monitore	
	Min	Max	Min	Max
Recyclingquote RQ	65,3%	75,4%	60,3%	80,3%
Verwertungsquote VQ	88,3%	93,1%	87,1%	95,2%

Die Zielvorgabe für die Verwertungsquote ist VZV=75% und wird von allen Betrieben deutlich übertroffen (Tabelle 3). Diejenige für die Recyclingquote (RZV = 65%) wird, ausser von einem Betrieb, ebenfalls, aber weniger deutlich übertroffen. Der wesentliche Grund, weshalb die RZV vereinzelt nicht oder knapp erreicht wird, ist eine überdurchschnittliche KS-Menge, die von diesen Betrieben in KVAs entsorgt wird. Ein Grund für diesen Unterschied in der Verarbeitung kann daher rühren, dass einzelne Betriebe die Kunststoffe stofflich verwerten, weil sie aufgrund eigener Stichproben von deren Unbedenklichkeit ausgehen, während andere mangels Nachweisen eine vorsichtige und korrekte Strategie wählen und sie thermisch beseitigen. Der nach wie

vor hohe CCFL-Anteil (Tabelle 1) in den Hintergrundbeleuchtungen zeigt, wie berechtigt die Vorschriften gegen die Freisetzung von Quecksilber weiterhin sind. Insbesondere müssen gemäss SN EN 50625-2-2:2015 «Anforderungen an die Behandlung von ... CRT und FPD ...» FPD-Geräte als Hg-haltig behandelt werden, wenn nichts anderes bestimmt werden kann. Das Zerkleinern, Zusammenpressen oder Manipulieren dieser Hg-haltigen EAG vor der Schadstoffentfrachtung ist nicht zulässig. Es müssen angemessene und wirksame Massnahmen getroffen und dokumentiert werden, dass Quecksilber nachweislich überwacht und entfernt wird. Aus Fraktionen, die mit Quecksilber verunreinigt sein können (z. B. zugehörige Leiterplatten oder Gehäuse), muss Quecksilber nachweislich entfernt worden sein, bevor sie zum Recycling versendet werden dürfen. Die Quecksilberkonzentrationen in der Luft aller durch die Risikobeurteilung(en) identifizierten Arbeitsbereiche und in den betroffenen Arbeitnehmern müssen regelmässig überwacht werden.

Die Quecksilber-, aber auch die Flammhemmerproblematik wird durch diese Regeln die FPD-Behandlung wohl noch einige Zeit prägen.



Einige der erzeugten Fraktionen:

- 1) Fe «rein», 2) Kunststoff-Gehäuse «mix»,
- 3) FPD-Panels, 4) PMMA Scheiben, 5) Leiterplatten,
- 6) CCFL-Hintergrundleuchten.

HC-Geräte weiter auf dem Vormarsch

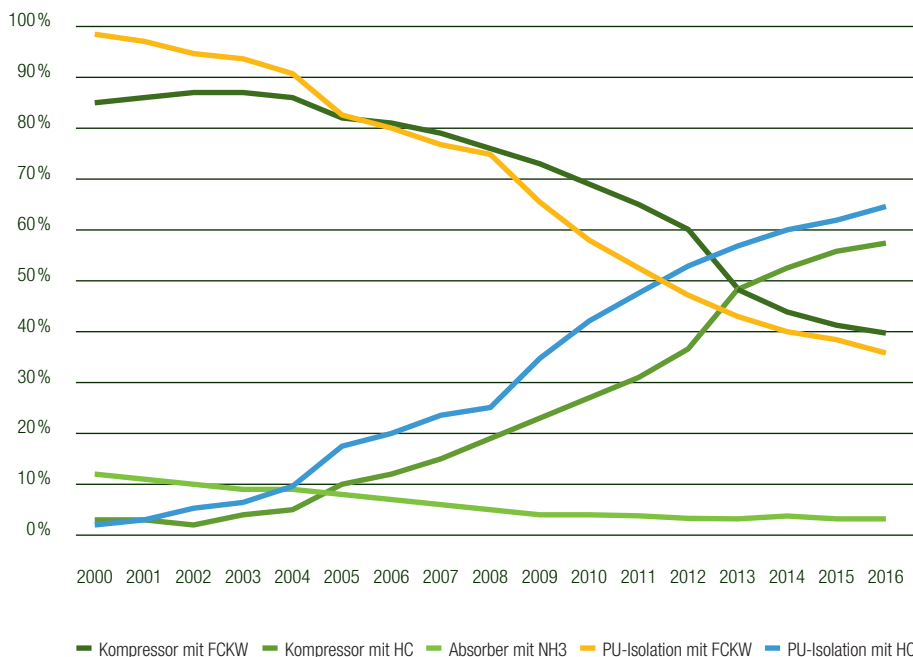
2016 wurden von den vier hochspezialisierten Schweizer Kühlgeräte-Recyclingbetrieben wiederum rund 360'000 Kühlgeräte oder 18'000 Tonnen rückproduziert. Damit haben sich die Gesamtzahlen im Vergleich zum Vorjahr kaum verändert. Hingegen öffnet sich die Schere zwischen den HC-Geräten und den alten FCKW/HFCKW-Geräten immer weiter: Mittlerweile sind 57 % der auf Stufe 1 (Kältemittel) und 64 % der auf Stufe 2 (Treibmittel) behandelten Geräte vom klimafreundlichen Typ HC. Trotz dieses in Klimaschutz-Hinsicht erfreulichen Verlaufs ist es auch weiterhin enorm wichtig, keine Zugeständnisse bei den hohen Anforderungen an die Qualität der Recyclingverfahren zu machen, bis die letzten herkömmlichen Kühlgeräte von ihren klimaschädigenden Substanzen entfrachtet und diese kontrolliert zerstört worden sind.

Schere HC-FCKW öffnet sich weiter

Bei den auf Stufe 1 behandelten Altgeräten machten jene, deren Kompressoren mit Kohlenwasserstoffen (HC) betrieben wurden, in der aktuellen

Reportingperiode bereits 57 % aus, was einer geringfügigen Steigerung um 1 % im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Dagegen nahm der Anteil der FCKW-Kompressoren im gleichen Zeitraum von 41 %

Abbildung 1: Entwicklung der auf Stufe 1 (FCKW/HFCKW- und HC-haltige Kompressoren, ammoniakhaltige Absorbersysteme) und Stufe 2 behandelten Gerätetypen (FCKW- und HC-haltiger PU-Isolationsschaum)



auf 40 % ab. Die Zahl der Geräte mit Ammoniak- (NH₃-) haltigen Absorbersystemen stagnierte bei 3 % (Abb. 1).

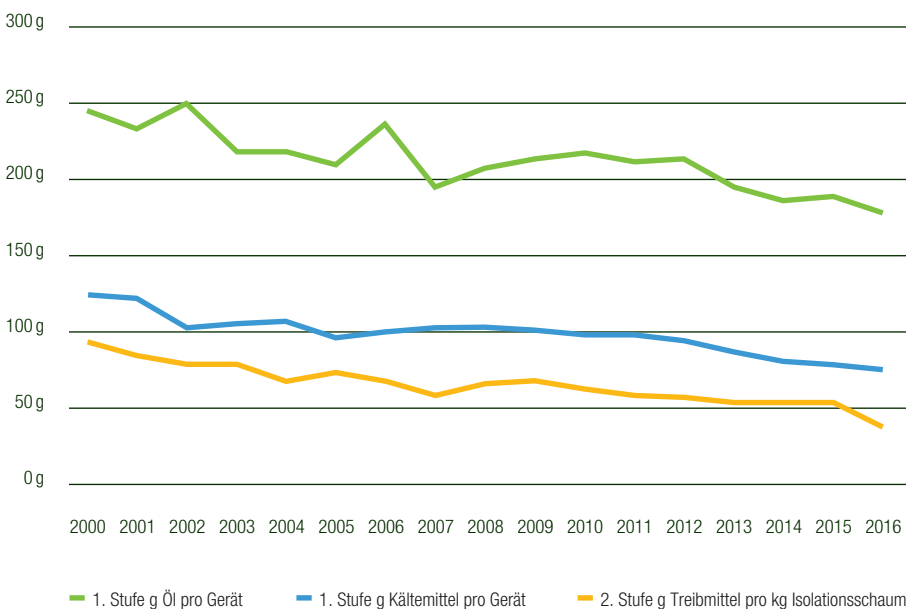
Aktuell bestand bei 64 % aller ins Recycling gelangten Kühlgeräte die Isolation aus HC-geschäumtem Polyurethan (PU), womit im Vergleich zum Vorjahr auch auf Behandlungsstufe 2 die Steigerung des Anteils moderner Geräte der Prognose entsprach (+ 2 %).

Abnehmende Rückgewinnungsmengen bei unveränderter Performance

Allfällige Ernüchterung über eine vermeintlich geringere Qualität der Recyclinganlagen könnte sich bei der Feststellung einstellen, dass in den vergangenen Jahren die Mengen an zurückgewonnenen Kälte- und Treibmitteln beständig abnehmen. Doch die Schlussfolgerung ist falsch, denn seit auch ausgediente HC-Geräte in die Rückproduktion gelangen, deren Kompressor-Füllmengen bzw. HC-Konzentration im PU-Schaum weitaus geringer sind als die entsprechenden Werte bei den FCKW-Geräten, ist klar, dass die als Gemisch zurückgewonnenen Kälte- und Treibmittelmengen sinken. Kommt dazu, dass Kohlenwasserstoffe ein geringeres spezifisches Gewicht aufweisen als die halogenierten Verbindungen. Aus diesen Gründen – und auch weil die absoluten HC-Geräte-Stückzahlen beständig zunehmen – sind die Rückgewinnungsmengen seit Jahren im Abnehmen begriffen. Die Qualität der Anlagen ist im internationalen Vergleich weiterhin sehr hoch, und es finden nach wie vor punktuelle technische Optimierungen statt.

Betrugen im Jahr 2000 die Mengen des aus den Kompressoren evakuierten Kältemittels 125 g, waren es zwischen 2008 und 2011 noch um die 100 g (Stufe 1). In der Folge zeigt der Trend weiter nach unten. 2015 stand die Marke bei 79 g und in der aktuellen Erhebungsperiode noch bei 76 g (-4 %). Damit hat sich die Menge seit 2000 um fast 40 % verringert. Während sich das Einfüllgewicht des

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



Kompressoröls 2000 noch bei 245 g bewegte, sank auch diese Kennzahl im langjährigen Trend – mit einzelnen Zwischenhochs – auf aktuell 173 g (-8% im Vergleich zum Vorjahr). Es ist damit offensichtlich, dass bei Geräten mit HC-Kompressor nicht nur die Einfüllmenge des Kältemittels, sondern auch jene des Kompressoröls geringer ist als bei den herkömmlichen FCKW-Kompressoren.

Auf Stufe 2 vollzieht sich ein ähnlicher Trend: Wurden um die Jahrtausendwende noch Mengen um 90 g pro Kilogramm PU zurückgewonnen, sank diese Zahl danach kontinuierlich. Der in der Reportingperiode 2015 bis 2016 stattfindende abrupte Einbruch von 53 auf 39 g ist hauptsächlich auf eine geänderte Berechnungsgrundlage zurückzuführen: Der in die Kennzahl eingehende Wert fürs

durchschnittliche Gewicht des PU-Schaums wurde – gestützt auf Daten aus den letzten fünf Reportingperioden – von 3,5 auf 4,5 kg pro Gehäuse der Gerätekategorien 1–3 angehoben; Grund hierfür sind die tendenziell in den HC-Geräten verbauten höheren PU-Mengen. Aufgrund dieser Anpassung macht sich eine künstlich herbeigeführte, markante Abnahme der Rückgewinnungsmenge um 26% bemerkbar. Dem tiefen Wert steht die reale Menge an zurückgewonnenem Treibmittel pro Gehäuse entgegen, die 2016 noch 176 g ausmachte. Damit betrug (ohne Unstetigkeit aufgrund der geänderten PU-Gewichtsanteile) die Abnahme im Vergleich zum Vorjahr nur 6%, was mit dem langjährigen Trend konsistent ist (vgl. Abb. 2).

Die Übung lohnt sich!

Die Rückgewinnung der ozonschädigenden sowie treibhausaktiven Substanzen mit ihrer anschließenden kontrollierten Zerstörung ist erklärtes Ziel des Kühlgeräterecyclings. Die seit der Jahrtausendwende auch im Altgerätestoffstrom beobachtbaren Trends weg von den herkömmlichen FCKW und HFCKW hin zu den ozonfreundlichen und nur noch marginal treibhausrelevanten Kohlenwasserstoffen setzen sich fort.

Der erfreuliche Verlauf ist jedoch kein Grund, die Schraube bei den strengen SENS-Anforderungen zu lockern: Auch künftig ist es enorm wichtig, keine Zugeständnisse bei den hohen Anforderungen an die Qualität der Recyclingverfahren zu machen, bis die letzten herkömmlichen Kühlgeräte von ihren klimaschädigenden Substanzen entfrachtet und diese kontrolliert zerstört worden sind.

2016 konnten der Atmosphäre dadurch 370'000 Tonnen Kohlendioxid erspart werden. Dank der steigenden Anteile Kohlenwasserstoff-betriebener Kompressoren und HC-geschäumter Isolation sank die Menge vermiedener CO₂-Äquivalente im Vergleich zum Vorjahr um 4,6%. Insgesamt entsprach die CO₂-Einsparung 2016 der Emission, die ein durchschnittlicher Schweizer Personenwagen bei hypothetischen 68'500 Erdumrundungen oder 3'500 Reisen zum Mond und wieder zurück verursacht hätte. Wir dürfen zu Recht stolz sein!

Dem umweltfreundlichen Recycling verpflichtet

Per Ende 2016 hat Ueli Kasser sein Mandat als Fachlicher Berater der Technischen Kontrollstelle von SENS und Swico abgegeben. Mit Ueli Kasser verlässt eine Persönlichkeit das SENS-Team, die seit fast der ersten Stunde die Entwicklung der SENS und insbesondere der technischen Vorgaben an die Recyclingtätigkeit geprägt hat. SENS und Swico bedanken sich an dieser Stelle bei Ueli Kasser für die erfolgreiche Zusammenarbeit.



Ueli Kasser diskutiert die technischen Vorgaben an das Recycling

Ueli Kassers erste Arbeit für die SENS war der Entwurf der technischen Vorschriften für die Entsorgung von Elektrogeräten. Diese hat er 1996 entworfen, als das SENS-System vom reinen Rücknahmesystem für die Kühlgeräteentsorgung zum umfassenden Rücknahmesystem für private Elektrogeräte wurde. Auch den Fachbericht der TK hat Ueli Kasser zu wesentlichen Teilen entworfen und darin die Kontrolltätigkeit der Technischen Kontrollstelle der SENS 1997 zum ersten Mal der Öffentlichkeit präsentiert. Im Vergleich zu heute war die entsorgte Menge Elektroaltgeräte im SENS-System noch klein. Im Jahr 1997 wurden beispielsweise rund 2'000 Tonnen Elektro- und Elektronikgeräte

im SENS-System entsorgt. Damals entwickelte sich das Rücknahmesystem rasant und damit auch der Umfang der Kontrolltätigkeit. Bereits 1998 war die entsorgte Gerätemenge auf 15'000 Tonnen angeschwollen und im selben Jahr wurden 11 Recyclingbetriebe neu lizenziert. Der Fachbericht 2000 listet zwanzig Recyclingbetriebe auf, die durch die TK kontrolliert wurden, zwölf davon durch Ueli Kasser. Ab 2005 leitete Ueli Kasser dann die TK SENS und sorgte für eine vergleichbare Kontrolltätigkeit und Interpretation der Richtlinien unter den Kontrollexperten. Bereits 2007 wurde die Leitung zunächst durch die SENS internalisiert und kurz darauf die gemeinsame Technische Kontrollstelle von SENS und Swico gegründet. Ueli Kasser übernahm die Funktion eines Technischen Beraters, Koordinators und Unterstützers der TK SENS/Swico. Gleichzeitig verhalf er den neu entstehenden europäischen Regeln über das Recycling von Elektroaltgeräten im Rahmen des WEEE-Forums und später der CENELEC-Normenkommission zu einer praxistauglichen Formulierung.

Zielvorgaben statt Technologieverbote

Ueli Kasser war es immer ein Anliegen, die Anforderungen an das Recycling als Zielvorgaben zu formulieren. Die Grundlagen waren für ihn die Vermeidung von schädlichen Emissionen in die Umwelt und die Sicherstellung einer hohen Rückgewinnung von Wertstoffen. In zahlreichen Diskussionen bestand er darauf, dass Zielvorgaben technologieunabhängig formuliert werden müssen und niemals bestimmte Verfahren fix vorgeschrieben werden dürfen. Die Recycler sollten immer die Chance haben, das

geeignete Vorgehen selbst zu wählen, um die vorgegebenen Ziele zu erreichen. Mit seinem klar strukturierten Denken und Vorgehen reinigte er zahlreiche Entwürfe für neue oder veränderte Vorgaben von unklaren Formulierungen und unnötigem sprachlichem Ballast. Als ausgebildeter Chemiker verstand er es ausgezeichnet, Wunschvorstellungen in umsetzbare Praxisvorgaben umzusetzen. Die SENS verdankt Ueli Kasser zu wesentlichen Teilen die klar formulierten und international vorbildlichen Regeln über ein umweltfreundliches Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten. Die SENS und Swico danken Ueli Kasser an dieser Stelle für die geleistete wertvolle Arbeit der letzten zwanzig Jahre und wünschen ihm viele spannende Eindrücke im kommenden Lebensabschnitt.

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 gewesen 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). Er ist seit 2009 Leiter der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling sowie seit 2007 Kontroll-experte von Swico.



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 ContactlessBereich 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 verantwortet den Bereich Technologie & Qualität. In dieser Funktion koordiniert er zusammen mit Heinz Böni die Technische Kommission Swico/SENS.



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 umwelt-relevanten Anforderungen (Umweltaudits, Umweltkennzahlen, Umweltrecht usw.). Er hat diverse Mandate für jährliche Betriebsökobilanzierungen und Umweltkennzahlen-Erhebungen nach diversen internationalen Standards. Seit 2002 ist er Kontrollexperte und Mitglied der Technischen Kommission der Stiftung SENS. Emil Franov ist Bereichsleiter und Mitglied der Geschäftsleitung der Carbotech AG.



Esther 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 zukunfts-trächtigen Technologien und der darin enthaltenen Materialien. Seit 2012 arbeitet Esther Thiébaud an ihrer Dissertation.



Dr. Geri Hug

Nach Chemiestudium und anschliessender Dissertation am Organisch-Chemischen Institut der Universität Zürich war Geri Hug wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der IPSO ECO AG in Rothenburg (ehem. Roos+Partner AG Luzern). Von 1994 bis 2011 war er Partner, ab 1997 auch Geschäftsführer der IPSO ECO 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.



Flora Conte

Flora Conte schloss ihren Master in Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich mit Schwerpunkt Biogeochemie und Schadstoffdynamik ab. Seit 2013 arbeitet sie in der Abteilung Umweltberatung der Firma Carbotech AG. Sie leitet verschiedene Projekte auf nationaler und internationaler Ebene in den Bereichen erneuerbare Energien, Recycling oder Entrepreneurship. Seit 2015 ist sie Mitglied der TK SENS/Swico und Auditorin für Zerlegebetriebe und Sammelstellen von SENS und Swico. Seit 2016 auditiert Flora Conte SENS-Recycler. Neben ihrer Tätigkeit als Umweltberaterin ist sie auch im Aufbau und in der Leitung von Kleinunternehmen im Ausland und in der Schweiz engagiert.



Anahide Bondolfi

Anahide Bondolfi schloss ihren Bachelor in Biologie und ihren Master in Umweltwissenschaften an der Universität Lausanne ab. Ihre Arbeit im Bereich EAG begann 2006 im Rahmen ihrer Masterarbeit in Südafrika, die sie in Zusammenarbeit mit der EMPA schrieb. Seit 2007 arbeitet sie als Umweltberaterin. Sie leitet Projekte auf nationaler und internationaler Ebene und unterrichtet in verschiedenen Instituten in den Bereichen Abfall, EAG, nachhaltige Beschaffung und ecolabels. Im Rahmen internationaler Projekte coacht und auditiert sie Recycler und Zerlegebetriebe (EAG) im Ausland. Seit 2015 ist sie Mitglied der Technischen Kommission SENS/Swico. Sie auditiert Sammelstellen und Zerlegebetriebe – Partner der beiden Systeme. Seit 2016 auditiert Anahide Bondolfi zudem SENS-Recycler.



Rolf Widmer

Rolf Widmer schloss sein Studium als Dipl. El.-Ing. (MSc. ETH EE) sowie sein Nachdiplomstudium NADEL (MAS) an 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.

AUTOREN



Daniel Savi

Sein Diplom als Umweltnaturwissenschaftler erhielt Daniel Savi an der ETH Zürich. Nach dem Studium war er bei der SENS als Leiter des Bereichs Sammelstellen und darauf als Leiter Qualitätssicherung tätig. Nach sieben Jahren wechselte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter zum Büro für Umweltchemie. Seit 2015 ist er Mitinhaber und Geschäftsleiter des Büros für Umweltchemie GmbH. Er beschäftigt sich mit den Gesundheitsgefahren und den Auswirkungen der Bautätigkeit und der Abfallverwertung auf die Umwelt.



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 Swico 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. Zudem leitet er seit 2016 die Abteilung Technologie und Gesellschaft.



Niklaus Renner

Niklaus Renner studierte Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich. Seit 2007 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der IPSO ECO AG in Rothenburg (ehem. Roos+Partner AG Luzern) tätig. Im Rahmen diverser Studien befasst er sich mit der Umweltverträglichkeit des Altmittel- 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.

LINKS

Internationale Links

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 seit 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 des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) finden sich unter «Abfall, Rohstoffe & Altlasten» eine Reihe von Informationen, die für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten von direkter Bedeutung sind.

www.ag.ch/bvu

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

www.umwelt.tg.ch

Auf der Website des Amtes 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 des Amtes 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 des Amtes für Umwelt Appenzell Ausserrhododen finden sich allgemeine Infos und Publikationen zu einzelnen Themen rund um das Thema Umwelt.

www.interkantlab.ch

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

www.umwelt.bl.ch

Auf der Website des Amtes für Umweltschutz und Energie (AUE) des Kantons Basel Landschaft finden sich unter «Abfall / Kontrollpflichtige Abfälle / Elektroschrott» Informationen zum Recycling und zur Verwertung von Rohstoffen in elektrischen und elektronischen Geräten.

www.zg.ch/afu

Auf der Website des Amtes für Umweltschutz des Kantons Zug findet man unter «Abfallwirtschaft» allgemeine Informationen und Merkblätter zum Thema Abfall. Detaillierte Informationen zur Sammlung der einzelnen Wertstofffraktionen findet man beim Zweckverband der Zuger Einwohnergemeinden für die Bewirtschaftung von Abfällen (ZEBÄ) unter www.zebazug.ch

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

Josefstrasse 218
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
3008 Bern 8
Telefon +41 31 313 88 12
Fax +41 31 313 88 99
info@slrs.ch
www.slrs.ch

Impressum

Herausgeberin

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

Bilder

Seite 10: Flora Conte
Seite 11: Roman Eppenberger
Seite 12: Swico
Seite 13: Rolf Widmer
Seite 15: Daniel Savi
Seite 18, 19: Heinz Böni
Seite 22: Rolf Widmer
Seite 25: Ueli Kasser



ClimatePartner^o
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.

© 2017 Swico / SENS / SLRS

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

