

Fachbericht
2019

Swico, SENS und SLRS
Aktuelles zum Elektro-
und Elektronik-Recycling

WIR DENKEN VORWÄRTS ÜBER RECYCLING MIT SYSTEM

Download



Nachhaltigkeit liegt uns am Herzen. Deshalb produzieren wir den Fachbericht neu digital. Falls Sie diesen auch offline lesen oder aktivieren möchten, können Sie hier ein interaktives PDF herunterladen. Sollten Sie dennoch einen Ausdruck benötigen, können Sie den ganzen Bericht oder gezielt einzelne Artikel drucken. Danke für Ihr Verständnis!

Inhalt

1	<u>Vorwort</u>	5
2	<u>Porträt Recyclingsystem</u>	6
3	<u>TK Swico/SENS</u>	10
4	<u>Zerlegbetriebe EAG</u>	12
5	<u>Mengen</u>	14
6	<u>Anforderungen Stoffflusserfassung</u>	20
7	<u>Kondensatoren-Studie</u>	23
8	<u>Schadstoffe EAG</u>	28
9	<u>FPD-Entfrachtung</u>	30
10	<u>Kunststoffe</u>	33
11	<u>Wertstoffpotenzial und RVQ</u>	38
12	<u>Analyse Input</u>	43
13	<u>Leuchtmittel – Leuchtmittelbruch</u>	46
14	<u>Patrick Wäger</u>	48
15	<u>Photovoltaik wird rezykliert</u>	50
16	<u>Kühlgeräte</u>	52

[Autoren](#)

[Links](#)

[Kontakte und Impressum](#)



Manchmal ist die Schweiz wirklich eine Insel

Der vorliegende Fachbericht zeigt eine sehr wichtige Seite unserer Kommunikation: die wissenschaftliche, zukunftsorientierte. Und auf diese sind wir stolz.

Wie ist aber damit in Einklang zu bringen, dass durchschnittlich zweimal pro Jahr in den Medien die Nachricht die Runde macht, wonach unser Elektroschrott in grossem Stil in Afrika unter grauenhaften Umständen verbrannt und verwertet werde?

All diesen Beiträgen ist eigen, dass sie über Altgeräte aus «Europa» berichten, wo es eigentlich Europäische Union heissen müsste – mit anderen Worten, dass sie verschweigen, dass die Schweiz gar nicht betroffen ist. Selbst reputierte Medien arbeiten da nicht sauber: Im vergangenen Jahr musste sogar der TV-Ombudsmann bemüht werden, bis sich die Nachrichtensendung «10 vor 10» dazu bequemte, zumindest online die nötigen Präzisierungen vorzunehmen.

Natürlich ist es für Medien spannender, über etwas zu berichten, was man mit dem eigenen Land in Bezug setzen kann. Und gewiss ist die Unterscheidung zwischen EU und Europa (oder auch Europarat) sehr anspruchsvoll: Und doch müssen wir uns als Schweizer Rücknahmesysteme immer wieder dagegen wehren, mit «Rest-Europa» in einen Topf geworfen zu werden.

Die Schweiz hat es nämlich geschafft, auf freiwilliger Basis ein System ins Leben zu rufen, das sehr hohe Rücklaufquoten ermöglicht – sie liegen deutlich über dem Durchschnitt der umliegenden Staaten. Dabei kommt uns für einmal die «Insel-lage» der Schweiz durchaus zugute. Wir haben für Waren noch kontrollierte Grenzen, welche eine Überwachung der Güterströme und damit auch der Abfälle ermöglichen.

Von hoher Bedeutung ist, dass die Rücknahmepflicht in der Schweiz clever reguliert wurde: Jeder Detailhändler muss alle Altgeräte zurücknehmen, aber nur in jenen Produktkategorien, die er auch selbst vor Ort verkauft. Das ist doppelt sinnvoll, denn nur mit diesen Geräten kommt der Konsument zu ihm. Und nur für diese Geräte hat der Händler bereits von Haus aus eine funktionierende Rückwärtslogistik. Die entsprechend hohe Zahl an Rücknahmestellen und die Verankerung von Recycling im Alltag der Schweizerinnen und Schweizer tragen ihrerseits zum hohen Rücklauf bei.

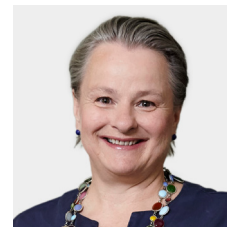
Seien wir also auch stolz darauf, in der Schweiz Rücknahmesysteme zu betreiben, die anerkanntermassen in Europa (und in der Europäischen Union) als vorbildlich erfolgreich gelten. Und zwar nicht nur aufgrund der Qualität ihres jährlichen Fachberichts ...



Judith Bellaiche
Swico



Heidi Luck
SENS



Silvia Schaller
SLRS

Swico, SENS und SLRS: kompetent und nachhaltig

Seit über 20 Jahren stellen die 3 Rücknahmesysteme Swico, SENS eRecycling und SLRS die ressourceneffiziente Rücknahme und Wiederverwertung sowie die fachgerechte Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten sicher.

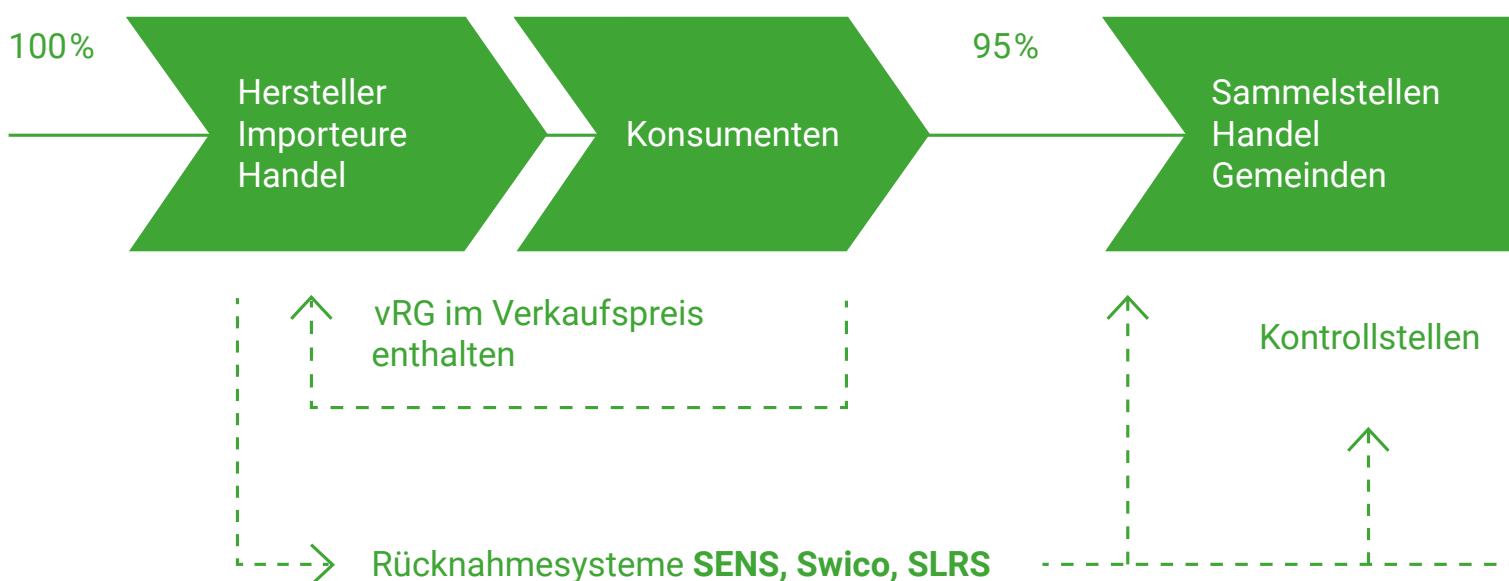
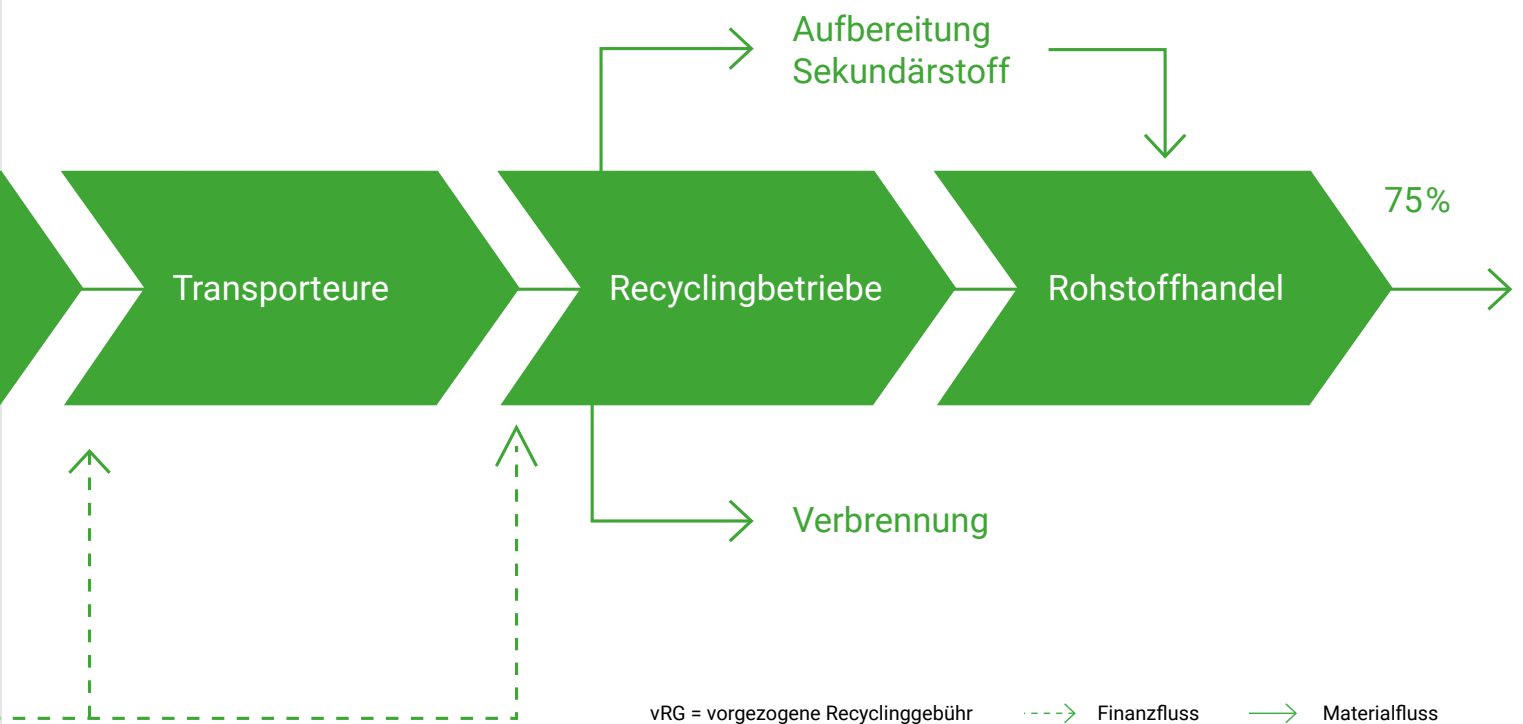


Abbildung 1: Die Rücknahmesysteme im Überblick

Die Aufteilung auf 3 Systeme hat historische Gründe, da in den Anfangsjahren des institutionalisierten Recyclings branchenspezifische Systeme aufgebaut wurden. Diese dienten dem 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, SENS oder die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) für die Rücknahme zuständig. Im Jahr 2018

wurden von den 3 Systemen rund 122 800 Tonnen ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit haben Swico, SENS und SLRS auch bedeutend dazu beigetragen, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten. Mit der internationalen Vernetzung der 3 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, kostenfrei zurückzunehmen. Um ein nachhaltiges und umweltbewusstes Recycling von elektrischen und elektronischen 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, SENS und SLRS der fachgerechten Bearbeitung ihres jeweiligen Gerätebereichs annehmen sowie den Herausforderungen der Zukunft stellen können.

2 Porträt Recyclingsysteme

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 Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (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.

SENS

SENS eRecycling 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 Haushaltsklein- und Haushaltsgrossgeräte, Bau-, Garten- und Hobbygeräte sowie Spielwaren. Dazu arbeitet die 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 SENS dafür ein, dass das Recycling dieser Geräte im Einklang mit ökonomischen und ökologischen Grundsätzen stattfindet.

SLRS

Die grundsätzliche Systemverantwortung für Leuchten und Leuchtmittel trägt die 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.

DIREKT

ZUM ZIEL

KEINE UMWEGE, KEINE KOMPRO-
MISSE: RECYCLING HAT HÖCHSTE
PRIORITÄT FÜR POLITIK UND
GESELLSCHAFT.



Technische Kommission Swico/SENS im Schatten der VREG-Debatte

Heinz Böni

Seit der Vernehmlassung zum Revisionsentwurf der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) sind mehr als 5 Jahre vergangen. Trotz unklarer Zukunft läuft die technische Arbeit im Hintergrund mit hoher Intensität weiter. Die gemeinsame technische Kommission von Swico und SENS hat 2018 unter anderem das Handbuch zur Auditierung nach der Schweizer Norm EN 50625 erarbeitet und sich verschiedensten Fragen im Zusammenhang mit Schadstoffen angenommen.

Parallel zur technischen Weiterentwicklung der elektronischen Geräte des Alltags hat sich in den letzten Jahren deren stoffliche Komplexität aufgrund der wachsenden Funktionalitäten immer mehr erhöht. Die in den älteren Geräten immer noch enthaltenen Schadstoffe, aber auch neue Schadstoffe und Gefahren durch Lithiumbatterien stellen hohe Anforderungen an das Recycling – und damit auch an die Kontrolle durch die Auditoren. Schwermetalle und Flammschutzmittel in Kunststoffen, PCB und bedenkliche Substanzen in Kondensatoren, asbesthaltige Geräte, Quecksilber in Hintergrundbeleuchtungen von Flachbildschirmen sind nur einige der vielen Beispiele.

Vor einer mechanischen Verarbeitung der Geräte sollten derartige Schadstoffe weitgehend aus den Geräten entfernt und gesondert entsorgt werden. Dieses Hauptziel verfolgen aktuell mehr als 90 Zerlegebetriebe, welche mit den Recyclingpartnern zusammenarbeiten. Neben der Entnahme von Schadstoffen leisten diese auch einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Werthaltigkeit der Materialien. Trotz aller Bemühungen sind in den Fraktionen aus der mechanischen Verarbeitung noch Schadstoffe zu finden. Bisher suchte und fand man diese vor allem in den

Feinfraktionen aus der Schredderung der Abfälle, wo sie sich an den feinen Partikeln anreichern. Wenn diese Feinfraktionen in einen thermischen Prozess gehen, können diese Schadstoffe in der Regel kontrolliert vernichtet werden. Was geschieht jedoch, wenn Schadstoffe in deutlich geringeren Gehalten über werthaltige Fraktionen in nachgelagerte Verarbeitungsprozesse gelangen, wo diesen u. U. nicht mehr die gleiche Beachtung zukommt? Diese Frage ist ein wichtiger Schwerpunkt der Arbeiten und Diskussionen in der technischen Kommission von Swico und SENS. Mit der Studie zu Flüssigkeiten in Kondensatoren wurden bedenkliche Substanzen identifiziert, welche in Flüssigkeiten von verschiedenen Kondensatoren vorkommen. Offen bleibt die Frage, wie gross die Risiken eines Austritts dieser Schadstoffe im Verarbeitungsprozess sind und wo sie sich allenfalls anreichern. Die Norm SN EN 50625 fordert zu Recht, dass Schadstoffe in einem unterscheid- und damit überwachbaren Strom am Ende eines Behandlungsprozesses erhalten werden müssen, um deren umweltgerechte Behandlung zu überprüfen.

Damit die Auditoren die Normforderungen konsistent interpretieren und in den Audits überprüfen, wurde ein Handbuch erarbeitet, welches öffentlich und damit insbesondere auch den Recyclingbetrieben zugänglich ist.

Zusätzlich wurde 2018 ein Projekt eingeleitet, welches vermutlich noch 2 bis 3 Jahre weiterbearbeitet werden muss: die vollständige Neuentwicklung der in die Jahre gekommenen Materialflusserfassung. Diese soll mit einer informatik-

gestützten Auditierung der Zerlege- und Recyclingbetriebe gekoppelt werden. Das neue Instrument wird eine effiziente, zielgerichtete und nutzerfreundliche Auditierung ermöglichen, welche den Aufwand sowohl auf Betriebs- wie auch auf Auditorensseite deutlich verringern wird. Die Materialflusserfassung soll auf die Anforderungen der bestehenden Gesetze und Verordnungen abgestimmt werden, insbesondere auf Anforderungen der VVEA, der LVA und der VREG bezüglich Materialcodierung und Meldepflichten.



v.l.n.r.: Rolf Widmer, Geri Hug, Heinz Böni, Roman Eppenberger, Anahide Bondolfi, Michael Gasser, Flora Conte, Niklaus Renner, Daniel Savi, Arthur Haarman, Roger Gnos

Die manuelle Verarbeitung – ein Schlüsselelement des Recyclings

Anahide Bondolfi und Flora Conte

Die Recycler verfügen über immer leistungsfähigere mechanische Verarbeitungsanlagen für Elektro- und Elektronikschrott. Die meisten Schritte bei der Entfrachtung der Geräte und einige der Schritte zur Wertstofftrennung werden jedoch manuell durchgeführt. Eine Übersicht über die manuelle Verarbeitung in den Zerlegebetrieben und bei den Recyclern.

Zielsetzung der mechanischen Verarbeitungsanlagen

In den letzten 30 Jahren haben mehrere Unternehmen in der Schweiz mechanische Verarbeitungsanlagen für Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) eröffnet. Die meisten dieser Anlagen haben als Hauptziel die Abtrennung von Wertstoffen: Das Material wird zuerst zerkleinert, daraufhin wird die eisenhaltige Fraktion magnetisch entnommen, und das Aluminium wird mit dem Wirbelstromverfahren getrennt. Bei der Sortierung von anderen Metallen und von Kunststoffen ist der Mechanisierungsgrad unterschiedlich. Bei den Schadstoffen erfolgt die Trennung jedoch überwiegend von Hand. Die Schadstoffe werden meistens vor der mechanischen Behandlung entfernt, und zwar entweder in einem der 120 Zerlegebetriebe von SENS und Swico oder in einem Bereich für die manuelle Demontage beim Recycler. Bei der Schadstoffentfrachtung wird manchmal auch während der mechanischen Behandlung durchgeführt, nachdem das auf den Förderbändern der Anlagen vorhandene Material einer Sichtprüfung unterzogen wurde. Damit dabei keine anderen Fraktionen kontaminiert werden, ist diese Vorgehensweise jedoch nur zulässig, wenn die schadstoffhaltigen Komponenten nicht beschädigt werden.

Manuelles Sortieren von Schadstoffen

Da alle Geräte Schadstoffe enthalten können, ist der manuelle Schritt unerlässlich, um die

Qualität der Schadstoffentfrachtung zu gewährleisten. Diese Qualität der Schadstoffentfrachtung ist unter dem Gesichtspunkt des Umwelt- und Gesundheitsschutzes von grosser Bedeutung. Mindestens einmal während der Behandlung muss jedes Gerät von einer Person überprüft werden, die geschult wurde, die potenziellen Schadstoffe in den Geräten aus dem umfangreichen Gerätekatalog von SENS und Swico zu erkennen. Diese Kontrolle ermöglicht es auch, mögliche neue Schadstoffe zu identifizieren – die Geräte entwickeln sich im Laufe der Zeit weiter – oder sehr alte Geräte ausfindig zu machen, die grössere Mengen an Schadstoffen (z. B. PCB) enthalten können. In der Praxis wird manchmal das gesamte Gerät dem EAG-Fluss entnommen und dem entsprechenden Verarbeitungskanal zugeführt. Dies ist z. B. bei radioaktiven Weckern und Rauchmeldern oder bei Wärmepumpen-Wäschetrocknern mit fluoridierten Kältemitteln der Fall. Meistens jedoch wird dem Gerät lediglich ein einziges Bauteil von Hand oder mit einfachen Werkzeugen (Zangen, Schraubendreher etc.) entnommen, und zwar insbesondere:

- Lithiumbatterien aus Laptops, Gartengeräten etc.
- Kondensatoren, unter anderem aus Haushaltsgeräten und von Leiterplatten
- Leuchtmittel aus Leuchten, Flachbildschirmen oder bestimmten Scannern oder Kopiergeräten
- Asbest aus bestimmten Öfen, Haartrocknern etc. alter Bauart

Manuelle Sortierung von Wertstoffen

Die manuelle Verarbeitung ermöglicht es auch, Wertstoffe zu entnehmen. Einige Zerlegebetriebe führen eine Feinzerlegung durch, die über die Schadstoffentfrachtung hinausgeht. Nachdem die Geräte zur Schadstoffentnahme geöffnet wurden, ist es relativ einfach, bestimmte «reine» verwertbare Fraktionen wie Metalle sowie bestimmte Kunststoffe oder auch «Verbundwerkstoffe» wie Leiterplatten, Festplatten oder Motoren zu entfernen. Im Gegensatz zu Ländern mit niedrigeren Löhnen ist in der Schweiz die Feinzerlegung von Verbundfraktionen wie Festplatten oder Motoren in der klassischen Wirtschaft aus finanziellen Gründen nicht vertretbar. Nach der Entnahme all dieser reinen oder Verbundwerkstoff-Fraktionen aus den EAG werden sie direkt in einer speziellen Anlage verarbeitet, ohne wie üblich zerkleinert zu werden. Hierdurch werden unnötige Schritte (z. B. die Entnahme von eisenhaltigem Material und das Wirbelstromverfahren) vermieden, um sowohl die Verarbeitungskosten als auch die Umweltbelastung zu reduzieren. Durch die Aussortierung von Wertstoffen vor der Zerkleinerung wird darüber hinaus auch deren Vermischung und teilweise Zerstörung vermieden.



Anne-Claude Imhoff
ETHL-Ingenieurin und Co-Direktorin,
↗ www.lebird.ch

Dies führt zu qualitativ hochwertigeren Fraktionen, z. B. beim Recycling von Kunststoffen oder Leiterplatten. Zusätzlich wird durch die manuelle Trennung der Leiterplatten vor der Zerkleinerung das Risiko eines Edelmetallverlustes begrenzt.

Die manuelle Entnahme von Wertstoffen wird auch bei einigen Recyclern durchgeführt, vor allem in den Betrieben, die über keine speziellen EAG-Zerkleinerungsanlagen verfügen. Nach der Zerkleinerung nehmen dort die Mitarbeitenden bestimmte Fraktionen wie Motoren, Leiterplatten oder auch Beton (in Waschmaschinen vorhanden) manuell vom Förderband. Dieser Arbeitsgang kann nur dann effizient durchgeführt werden, wenn sich das Sortierband mit einer adäquaten Geschwindigkeit bewegt.

Wegen der Vielfalt, Komplexität und oft geringen Grösse der einzelnen Wertstoffe und Schadstoffe und obwohl die Recycler über immer effizientere mechanische Anlagen verfügen, ist die manuelle Zerlegung weiterhin ein Schlüsselement des EAG-Recyclings und wird es zweifelsohne noch lange Zeit bleiben.

Welche Zukunft sehen Sie für die manuelle Verarbeitung im Vergleich zur mechanischen Verarbeitung?

«Die manuelle Zerlegung ist bei der Verarbeitung von Flachbildschirmen besonders effektiv und erleichtert sowohl die Rückgewinnung der Wertstoffe als auch die Entnahme der Schadstoffe. Darüber hinaus bietet sie auch eine sinnvolle Beschäftigung für Hunderte von Sozialhilfeempfängern, ohne dass dabei die mechanische Verarbeitung stark konkurrenziert wird. Ihre Zukunft hängt jedoch von mehreren Bedingungen ab, etwa dem Engagement der Sozialverbände und ihrer Unterstützung durch die öffentliche Hand, einer angemessenen Entlohnung sowie der Bereitstellung von konformem und korrekt aufbereitetem Material.»

Stabile Mengen mit veränderter Zusammensetzung

Michael Gasser

Nach einem Rückgang der verarbeiteten Mengen von Elektro- und Elektronikgeräten 2017 haben die Mengen 2018 wieder leicht zugenommen. Während bei den Elektronikgeräten die Mengen weiter gefallen sind, wurde dieser Rückgang durch höhere Mengen bei Elektrogrossgeräten, Elektrokleingeräten und Kühlgeräten kompensiert. Die Zusammensetzung in den verschiedenen Kategorien hat sich jedoch weiter verändert.

Im Jahr 2018 haben die Swico und SENS Recycler rund 125 900 Tonnen Elektro- und Elektronikgeräte (E + E Geräte) verarbeitet. Im Vergleich zum Vorjahr entspricht dies einer Zunahme von 3 % (Tabelle 1 und Abbildung 1). Am stärksten abgenommen hat die Verarbeitung von 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. Auch bei den Elektronikgeräten ging die verarbeitete Menge zurück (-9 %). Die Mengen folgen hier

einem langjährigen Trend, der aufgrund des Rückgangs von schweren Computermonitoren und Fernsehern zustande kommt. Bei den Elektrogrossgeräten ist nach einer Änderung der Erfassungsmethodik im Jahr 2017 und einem damit einhergehenden Rückgang der Mengen im Jahr 2018 nun wieder ein Anstieg zu beobachten. Ein kleiner Anstieg konnte auch in den Mengen an Elektrokleingeräten und Kühlgeräten beobachtet werden. Die Menge verarbeiteter Photovoltaik-Ausrüstungen blieb im Vergleich zum Vorjahr mit insgesamt 300 Tonnen weiterhin gering.

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	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
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
2017	28 100	19 400	26 700	46 000	970	300	1 300	122 800
2018	34 200	19 900	27 600	41 900	1 100	300	1 000	125 900
Veränderung gegenüber Vorjahr	22 %	3 %	3 %	-9 %	13 %	0 %	-23 %	3 %

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

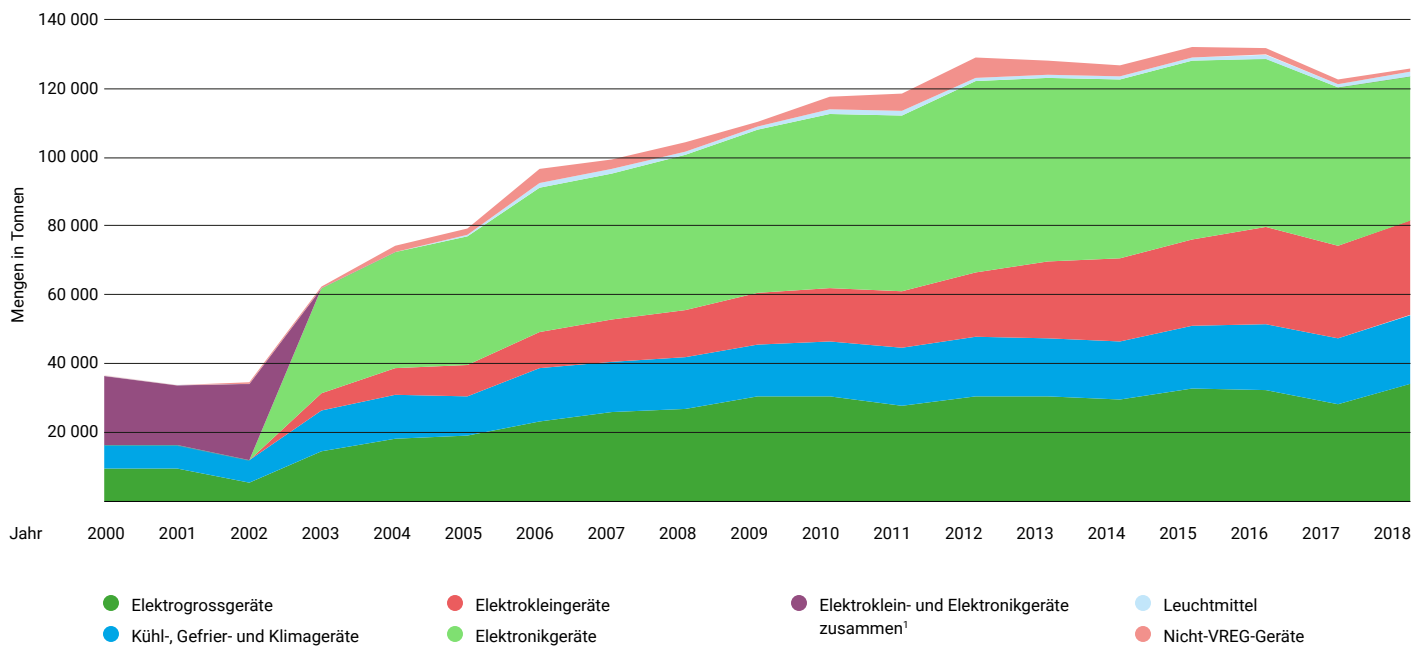


Abbildung 1: Entwicklung der verarbeiteten Gerätemengen in der Schweiz in Tonnen

Wertstoffrückgewinnung

Aus den verarbeiteten Elektroaltgeräten werden durch manuelle und mechanische Verarbeitung Wertstoffe zurückgewonnen und Schadstoffe abgetrennt (Abbildung 2). Die grösste Wertstofffraktion bilden die Metalle mit 61 %. Kunststoff-Metall-Gemische (17 %) und Kunststoffe (9 %) sind die 2 nächst grössten Fraktionen. Die besonders wertvollen Leiterplatten machen nur 1,1 % der Gesamtmenge aus. Es lohnt sich oft, diese Bauteile vorgängig zur mechanischen Verarbeitung manuell zu entfernen, um die darin enthaltenen Edelmetalle möglichst vollständig zurückzugewinnen. Der Anteil des Glases aus der Bildröhrenverarbeitung hat im Vergleich zum Vorjahr um ein Drittel abgenommen und beträgt noch 1,4 %.

Die erhaltenen Wertstofffraktionen werden in nachgelagerten Betrieben weiterverarbeitet und nach Möglichkeit stofflich oder energetisch verwertet. Die Recyclingunternehmen haben für die weitere Verarbeitung Stoffflussnachweise zu erbringen, welche die weitere Verarbeitung dieser Fraktionen nachweisen und dokumentieren. Eisenhaltige Fraktionen werden in schweizerischen Stahlwerken und Nichteisenmetalle in europäischen Schmelzwerken verarbeitet. Kunststoff-Metall-Gemische werden weiter aufgetrennt. Bei diesen Trennverfahren werden die Metalle und sortenreine und wenig schadstoffbelastete Kunststoffe zurückgewonnen. Einzelne Mischfraktionen gelangen direkt in die energetische Verwertung, wobei dieser Anteil in den letzten Jahren dank neuen Verarbeitungsmöglichkeiten, beispielsweise für Tonerkartuschen, und Sortieranlagen für Kunststoff-Metall-Gemische, stark abgenommen hat. Auch Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien werden speziellen Verwertungsverfahren zugeführt.

¹ Bis 2002 wurden Elektroklein- und Elektronikgeräte gemeinsam erfasst.

Schadstoffentfrachtung

Der Anteil an erzeugten Schadstofffraktionen ist leicht gesunken auf 1 % (Abbildung 2). Dies ist vor allem auf einen leichten Rückgang bei Batterien und Kondensatoren zurückzuführen. Die Schadstoffentfrachtung gehört neben der Rückführung von Wertstoffen in den Materialkreislauf zur Hauptaufgabe der Recyclingbetriebe. Die Schadstoffe werden zu einem Grossteil in Zerlegebetrieben von Hand entfernt. So werden zum Beispiel grösserer Kondensatoren aus den Geräten entnommen, Batterien entfernt oder die Hintergrundbeleuchtungen 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. Die Betriebe müssen auch weiterhin in der Lage sein, die Schadstoffe aus älteren Gerätegenerationen sachgerecht zu entnehmen und zu entsorgen. Dies stellt hohe Anforderungen an die Arbeit der Recyclingbetriebe und setzt hochstehende Qualitätssicherungssysteme voraus.

Rücknahme und Zusammensetzung von Elektronikgeräten

Swico Recycling untersucht in regelmässigen Abständen die Rücknahmemengen und die Zusammensetzung von Elektronikgeräten. Dazu führt Swico Recycling Warenkorbanalysen und Verarbeitungsversuche von Produktgruppen durch (Tabelle 2). Im Jahr 2018 hat Swico Recycling 45 760 Tonnen¹ Elektronikgeräte zurückgenommen, das sind 5,7 % weniger als im Vorjahr. Die zurückgenommenen Massen und Stückzahlen von CRT-Monitoren und -Fernsehern sinken weiter und setzen so den langfristigen Trend fort. Bei den Flachbildschirm-Monitoren scheint sich der Trend von höheren Mengen und kleineren Gewichten aus den Vorjahren umzukehren: Die Anzahl zurückgenommener Geräte sinkt, während das Durchschnittsgewicht ansteigt. Bei den Mobiltelefonen steigt die Stückzahl weiter.

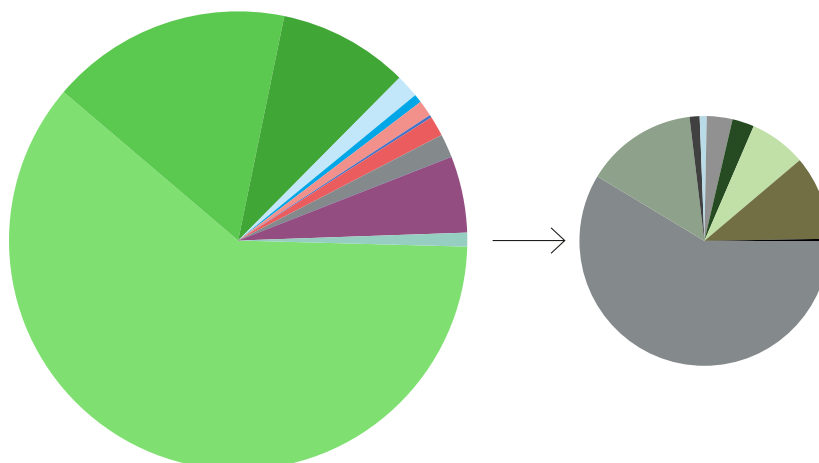
Die Zusammensetzung der einzelnen Gerätekategorien wird durch Verarbeitungsversuche ermittelt, die bei den Swico Recyclern durchgeführt und von der Empa begleitet werden. Dabei werden eine zuvor festgelegte Menge an Geräten gesammelt und die aus der Verarbeitung entstehenden Fraktionen dokumentiert. Basierend auf diesen Zusammensetzungsinformationen und Informationen zur weiteren Verarbeitung lässt sich bestimmen, dass rund 60–65 % der aus der Verarbeitung von Elektronikgeräten stammenden Fraktionen in der Schweiz einer Endbehandlung zugeführt werden.

Die detaillierten Rücknahmemengen an Elektronikgeräten und ihre Zusammensetzung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

¹ Diese Zahl ist grösser als die 41 900 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Wertstoffe

- 61 % Metalle
- 17 % Kunststoff-Metall-Gemisch
- 9 % Kunststoffe
- 2 % Kabel
- 1 % Tonerkartuschen
- 1,1 % Leiterplatten
- 0 % LCD
- 1,4 % Bildröhren
- 2 % Glas
- 0 % Kunststoff-Glas-Gemisch, aus Photovoltaik
- 0 % Elektronik (Anschlussdosen aus Photovoltaik)
- 5 % übrige Stoffe
- 1 % Schadstoffe



Schadstoffe

- 0,560 % Batterien
- 0,138 % Kondensatoren
- 0,012 % Quecksilberhaltige Komponenten
- 0,009 % Glasbruch
- 0,032 % Leuchtstoff
- 0,000 % Getterpillen
- 0,000 % Fotoleitertrommel mit Se-Schicht
- 0,027 % Asbesthaltige Geräteteile
- 0,070 % FCKW
- 0,104 % Öl
- 0,003 % Ammoniak (NH3)

Abbildung 2: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2018. Separat ausgewiesen sind die Schadstoffe, welche insgesamt nur 1% der erzeugten Fraktionen ausmachen. Quelle: Toocy

Gerätetyp	Anzahl ⁴	Durchschnittsgewicht	Metalle	Kunststoffe	Metall-Kunststoff-Gemische	Kabel	Glas und/oder LCD-Module	Leiterplatten	Schadstoffe	Weiteres ⁵	Total	Zu-/Abnahme gegenüber 2015
	In Tausend	In kg	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	In Tonnen	
PC Monitor CRT	36	18	92	125	60	16	276	58	0,0	3	630	-32 %
PC Monitor LCD ¹	558	6,3	1373	1107	67	43	547	247	32,1	87	3503	-4 %
PC/Server	382	12	3785	265	12	141	-	383	15	-	4601	1 %
Laptop	502	2,6	396	368	133	6,6	115	190	90	5,4	1305	2 %
Drucker	460	12	1874	2845	325	29	36	93	1,6	86	5290	-7 %
Grosskopierer/ Grossgeräte	47	138	3530	242	2318	117	4,3	52	56	166	6486	-10 %
IT gemischt ²	614	3,2	1071	71	710	36	1,0	15	17	50	1971	0 %
CRT-Fernseher	140	28	385	799	130	14	2525	48	4	2,1	3906	-33 %
LCD-Fernseher ¹	222	18	1975	735	430	56	358	343	46	142	4085	0 %
UE gemischt ³	3241	3,4	5920	393	3921	197	5,6	85	93	275	10 890	2 %
Telefon mobil	780		19	42	-	-	6,1	26	24	-	117	5 %
Telefon Rest	1350		1468	97	972	49	1,4	21	23	68	2700	15 %
Foto/Video	200		88	5,8	58	2,9	0,1	1,3	1,4	4,1	162	1 %
Dental											115	24 %
Total in Tonnen			21 977	7094	9138	708	3876	1563	403	888	45 760⁶	-5,7 %
Total in Prozent			48 %	16 %	20 %	2 %	8 %	3 %	1 %	2 %	100 %	

¹ FPD: Flachbildschirme, verschiedene Technologien (LCD, Plasma, OLED usw.)

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

³ Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte

⁴ Hochrechnung

⁵ Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen

⁶ Diese Zahl ist grösser als die 41 900 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Tabelle 2: Gesammelte Swico Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp (2018), Quelle: Michael Gasser, Empa, auf der Basis von Verarbeitungs- und Warenkorbanalysen Swico



GEN DIE

ZURÜCK

MIT MODERNSTEN RECYCLING-ME
DER NÄCHSTEN GENERATION EINE

ZUKUNFT WIR BRYIN

THODEN BIETEN WIR AUCH
PERSPEKTIVE.



Anforderungen an eine künftige Stoffflusserfassung

Michael Gasser und Anahide Bondolfi

Die Recyclingpartner von Swico, SENS und SLRS erfassen jährlich die Mengen der verarbeiteten Geräte und der daraus hervorgehenden Fraktionen. Diese Daten bilden das Herzstück der jährlichen Betriebskontrollen und der öffentlichen Berichterstattung. Unter anderem wegen der Verschärfung von Dokumentationspflichten im Zusammenhang mit der Normenserie SN EN 50625 müssen die Stoffflusserfassung überarbeitet und die Abläufe aktualisiert werden.

Jeden Februar ist es wieder soweit: Nach den Jahresabschlüssen über den Verkehr von kontrollpflichtigen Abfällen Ende Januar auf [Veva-Online](#) erstellen die Recyclingpartner von Swico, SENS und SLRS die jährliche Stoffbuchhaltung von eingegangenen Geräten und erzeugten Fraktionen. Für die Erfassung wird seit 12 Jahren

die Software Toocy (Tool Recyclage) verwendet. Trotz ständiger Weiterentwicklung entspricht die Software nicht mehr den heutigen Erwartungen an Benutzerfreundlichkeit. Frustrationen sind weit verbreitet – die Software erlaubt z. B. keine Übernahme der Daten aus Veva-online, und die Eingabe von Hand ist fehleranfällig.

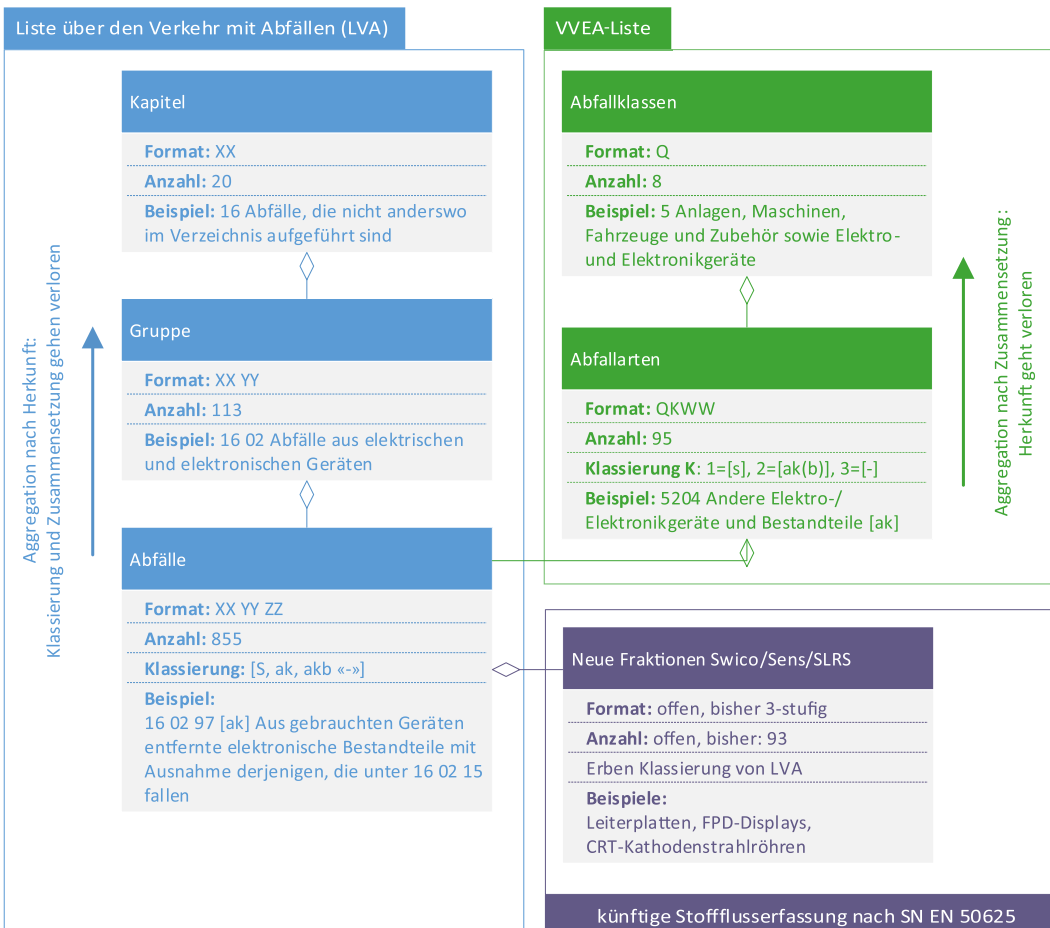
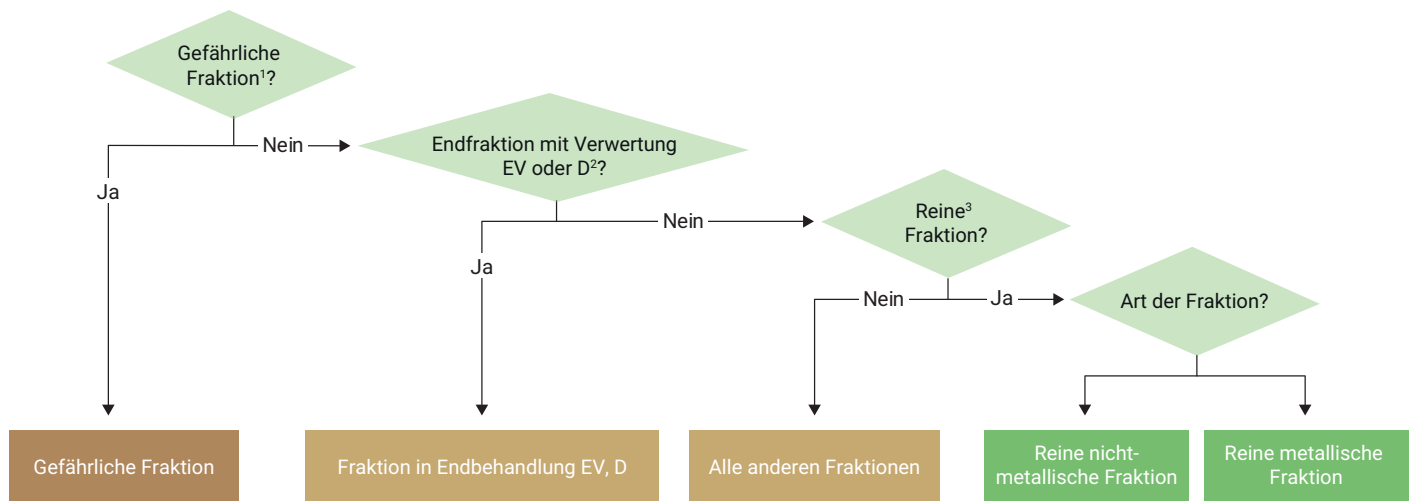


Abbildung 1: Abfallkategorisierungssysteme der LVA und VVEA und einer künftigen Stoffflusserfassung Swico/SENS/SLRS



Tendenziell abnehmende Dokumentationspflicht bezüglich Zusammensetzung, Verarbeitungskette, nachfolgende Behandlungstechnologie(n)

¹ nach LVA, europäischen Abfalllisten oder erwähnt in SN EN 50625-1 Anhang F

² EV: Energetische Verwertung, D: Entsorgung

³ Massenanteil Fremdmaterialien < 2 % (z. B. Alu in Kupfer, Leiterplatten in Kunststofffraktion, PS in ABS Kunststoff)

Abbildung 2: Kategorisierung von Outputfraktionen gemäss Dokumentationspflichten SN EN 50625

Erhöhte Dokumentationsanforderungen für Recyclingbetriebe

Mit dem Ersatz der technischen Verordnung über Abfälle (TVA) durch die Abfallverordnung (VVEA) im Jahr 2016 wurde eine neue Berichterstattungspflicht für Abfälle eingeführt. Zusätzlich zu den Mengen transportierter kontrollpflichtiger Abfälle gemäss der Verordnung über den Verkehr von Abfällen (VeVA) und den entsprechenden Listen (LVA) ist per 1. Januar 2021 auch eine Erfassung von nicht-kontrollpflichtigen Abfällen nach neu eingeführten VVEA-Kategorien nötig.

Die VVEA-Berichterstattung dient Kantonen und Bund vornehmlich in der Abfallplanung. Entsprechend sind Abfälle in den VVEA-Codes nach Abfalleigenschaften (Zusammensetzung und Gefährdungsgrad) gruppiert. Dies im Gegensatz zu der im Transport (VeVA und LVA) geläufigen Gruppierung nach Abfallherkunft (Industrie und produzierende Prozesse). Grundlage für beide Gruppierungsansätze bilden die der Industrie geläufigen 6-stelligen Abfallcodes aus der LVA (Abbildung 1). Die sich in Entwicklung befindliche [Vollzugshilfe zur Berichterstattung der VVEA](#) ordnet die LVA-Abfallcodes den VVEA-Codes zu.

Die Normenserie SN EN 50625 stellt an die Recyclingwirtschaft neue Anforderungen bezüglich

der Dokumentation der Zusammensetzung der Abfälle und deren Verwertungswege. Je nach Eigenschaften und Zusammensetzung der erzeugten Fraktion hat ein nach SN EN 50625 konformer Betrieb unterschiedliche Informationen vorzulegen (Abbildung 2).

Die heute in Toocy verwendete Codierung für den Stofffluss ist weder mit den 6-stelligen LVA-Abfallcodes noch mit den Anforderungen nach SN EN 50625 kompatibel. Ebenso liegt die Systemgrenze für die Erfassung in Toocy auf der Ebene der Recyclingpartner, d. h. Flüsse zwischen verschiedenen Betriebsstandorten des gleichen Recyclingpartners (Zerlegebetriebe und verschiedenen Standorte für mechanische Verarbeitung) werden nicht ausgewiesen. Sowohl die Normenserie wie die VVEA verlangen aber eine Erfassung von Stoffflüssen auf der Ebene des Einzelbetriebes.

Mit einer harmonisierten Datengrundlage verschiedene Bedürfnisse abdecken

Um die steigenden Anforderungen zu erfüllen, muss die Stoffflusserfassung überarbeitet werden. Eine neue Lösung soll soweit wie möglich auf bereits bestehende Daten zurückgreifen und eine harmonisierte Datengrundlage schaffen, womit die verschiedenen Bedürfnisse abgedeckt werden können:

6 Anforderungen Stoffflusserfassung

- Der Industrie wird ein harmonisiertes Werkzeug zur Meldung von Stoffflussdaten zur Verfügung gestellt, welches Doppelspurigkeiten reduziert.
- Automatische Kontrollfunktionen vereinfachen die Überwachung der Konformität bezüglich der Verbringung und Verarbeitung von EAG-Geräten und Fraktionen.
- Die Verwendung von detailliert geprüften Grunddaten für die VVEA-Berichterstattung erhöht die für die Abfallplanung verfügbaren Daten hinsichtlich Qualität und Konsistenz.

Bedingung für die Schaffung einer harmonisierten Datengrundlage ist eine eindeutige Zuordnung der in Zukunft für die Stoffflusserfassung verwendeten Fraktionskategorien auf die 6-stelligen LVA-Abfallcodes (Abbildung 1). Für eine Konformitätsbewertung nach SN EN 50625 ist in vielen Fällen eine höhere Auflösung der Daten als gemäss LVA notwendig. So sind beispielsweise Leiterplatten ohne gefährliche Bestandteile und Displays von Flachbildschirmen aufgrund anderer Behandlungsvorschriften in der Stoffflusserfassung separat auszuweisen, obwohl beide Fraktionen unter denselben LVA-Abfallcode



Sandra Wessels
E-Waste Manager,
Thévenaz-Leduc SA

fallen (↗ [16.02.97 \[ak\]](#) aus gebrauchten Geräten entfernte elektronische Bestandteile mit Ausnahme derjenigen, die unter 16.02.15 fallen). Eine direkte Zuordnung ermöglicht die automatische Datenaggregation für weitere Zwecke.

Mit einer stärkeren Verknüpfung verschiedener Daten und Funktionen auf einer gemeinsamen Plattform stellen sich wichtige Fragen bezüglich Datenschutz, da die Konformitätsbewertung auf teilweise vertraulichen Daten basiert. Klar formulierte Zugangsberechtigungen tragen zu Transparenz und Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren bei.

Ausblick

Auf Basis der allgemeinen Anforderungsdefinition werden zusammen mit Vertretern der Recyclingbranche die Detailanforderungen und mögliche Erfassungswege für die Daten erarbeitet. So sind die Betriebe frühzeitig über allfällig notwendige Anpassungen informiert. Die noch zu entwickelnde Lösung für die Stoffflusserfassung soll mit weiteren Werkzeugen für die Unterstützung der Auditoren von Swico und SENS kombiniert werden.

SENS/Swico plant, eine neue Lösung für Toocyc zu entwickeln. Die neue Lösung sollte soweit möglich auf bereits bestehende Daten zurückgreifen und eine harmonisierte Datengrundlage schaffen. Was halten Sie davon?

«Gesetzliche Prüfungen sollten uns das tägliche Betriebscontrolling vereinfachen, um mögliche Abweichungen schneller identifizieren zu können. Eine dynamische Prüfung bestehender Daten sollte demnach das Ziel sein. Schlussendlich geht es darum, die Umwelt zu schützen sowie den Rohstoffen Sorge zu tragen, und das sollte für jeden von uns die erste Priorität sein.»

Welche Flüssigkeiten enthalten Kondensatoren?

Daniel Savi

Kondensatoren werden heute aus Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) weitestgehend von Hand entfernt, wenn sie in einer Dimension grösser als 2,5 cm sind. Mit dieser Regel sollen möglicherweise PCB-haltige Kondensatoren aus EAG separiert und einer kontrollierten Entsorgung zugeführt werden. Für die PCB-freien Kondensatoren grösser als 2,5 cm ist eine Entfernung geboten, sofern diese bedenkliche Stoffe enthalten. Über 30 Jahre nach dem Verbot von PCB in Kondensatoren machen PCB-haltige Kondensatoren einen immer geringeren Anteil an den entfernten Kondensatoren aus. Damit wird die Frage aktuell, wie bedenkliche Stoffe definiert werden sollen und welche dieser Stoffe in Flüssigkeiten in PCB-freien Kondensatoren vorkommen. Zur Beantwortung dieser Fragen liessen SENS und Swico in den letzten 2 Jahren eine breit angelegte Kondensatoren-Studie durchführen.

Inhaltsstoffe PCB-freier Kondensatoren

Der Frage nach bedenklichen Flüssigkeiten in PCB-freien Kondensatoren näherte sich die Studie von 2 Seiten. Zum einen wurde die verfügbare Literatur ausgewertet, und zum anderen wurden die Inhaltsstoffe von Kondensatoren aus EAG im Labor untersucht. Kondensatortypen, die immer Flüssigkeiten enthalten, sind die gepolten Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren und die ungepolten Kondensatoren aus Mikrowellen-Geräten. Die ungepolten, zylindrischen

Kondensatoren, die z. B. in Haushaltgrossgeräten oder Kühlgeräten verbaut werden, können Flüssigkeiten enthalten. Es gibt jedoch auch Bauformen, die völlig trocken sind. In der durchgeführten Studie wurde ermittelt, dass rund 55 % der ungepolten zylindrischen Kondensatoren Flüssigkeiten enthalten. Die Kondensatoren-Studie ermittelte über 60 schadstoffhaltige Flüssigkeiten, die in Kondensatoren enthalten sein können. Die Mischungen unterscheiden sich je nach Bauform, aber auch je nach Modell.



Sortierte Elektrolytkondensatoren

7 Kondensatoren-Studie

Bedenkliche Stoffe in PCB-freien Kondensatoren

Zur Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsgefährdung, die von den gefundenen Flüssigkeiten ausgeht, musste zuerst eine Definition für bedenkliche Stoffe entwickelt werden. Der Begriff der bedenklichen Stoffe stammt aus der EAG-Richtlinie der EU, wird darin oder in der Gesetzgebung jedoch nicht definiert. Die Studie definierte den Begriff anhand der H-Sätze der Substanzen, gemäss der Verordnung über die Klassierung und Kennzeichnung von Substanzen. Wir empfehlen eine Liste von H-Sätzen, welche eine Substanz als «bedenklichen Stoff» in Kondensatoren qualifizieren. Bei der Herleitung der Liste wurde nach einer Reihe von Grundsätzen verfahren: Stoffe mit chronischen Auswirkungen auf Organismen, auch bei kleinen Konzentrationen, und selbstverständlich Stoffe mit lebensgefährlicher Wirkung werden als bedenkliche Stoffe eingestuft. Alle für Wasserorganismen «giftigen» oder «sehr giftigen» Substanzen gelten als bedenkliche Stoffe. Diese Grundsätze führen zur Liste von H-Sätzen gemäss Tabelle 1. Zusätzlich zu den H-Sätzen wurde bei der Einstufung die Stabilität eines Stoffes in der Umwelt berücksichtigt.

Anteile der Kondensatoren mit Flüssigkeiten pro Kondensatorkategorie (Stück-%)



Apolare zylindrische Kondensatoren



Elektrolytkondensatoren



Mikrowellenkondensatoren

H-Satz	Gefährdung
H300	Lebensgefahr bei Verschlucken
H310	Lebensgefahr bei Hautkontakt
H330	Lebensgefahr bei Einatmen
H340	Kann genetische Defekte verursachen
H341	Kann vermutlich genetische Defekte verursachen
H350	Kann Krebs erzeugen
H351	Kann vermutlich Krebs erzeugen
H360D	Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360FD	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen / Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360Df	Kann das Kind im Mutterleib schädigen / Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H361	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen
H361d	Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H370	Schädigt die Organe
H372	Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition
H400	Sehr giftig für Wasserorganismen
H410	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung
H411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung

Kondensatoren mit bedenklichen Stoffen

Bedenkliche Stoffe konnten in allen Kondensatortypen detektiert werden. Eine Entfernung der Kondensatoren in der Behandlung ist daher weiterhin nötig. In der Recycling-Praxis werden sich Kondensatoren mit bedenklichen Stoffen nicht von solchen ohne bedenkliche Stoffe unterscheiden lassen. Die Autoren der Studie empfehlen deshalb die Regelung, dass alle Kondensatoren über dem bestehenden Grössenkriterium von 2,5 cm aus Elektrogeräten zu entfernen sind. Die Konformitätsbewertungsstellen von SENS und Swico werden in weiteren Untersuchungen abklären, ob auch andere Verfahren als die Entfrachtung von Hand dem Gebot der Entfernung in einen unterscheidbaren Strom entsprechen, wie dies die schweizerische Normenserie EN-50625 fordert. Bis dahin wird sich am Gebot der manuellen Entfernung von Kondensatoren nichts ändern.



Elektrolytkondensatoren

7 Kondensatoren-Studie

Weitere Ergebnisse der Studie

Der Bericht zur Studie wird dieses Jahr durch SENS und Swico veröffentlicht werden. Er enthält weitere Erkenntnisse zu den Kondensatoren in EAG. Beispielsweise wurde der Anteil PCB-haltiger Kondensatoren für Haushaltgrossgeräte, Kühl-, Klima- und Gefriergeräte sowie für Leuchten bestimmt. Für bestimmte IT- und UE-Geräte im Swico System wurde unter anderem erhoben, wie gross der Massenanteil von Elektrolytkondensatoren an der jeweiligen Gerätemasse ist (0,6–7 %). Zudem wurde der Massenanteil der Elektrolytkondensatoren, die kleiner als 2,5 cm sind, an der Gesamtmasse der Elektrolytkondensatoren ermittelt (durchschnittlich ca. 50 %).



Probenahme für die Laboranalyse der Flüssigkeiten



Ein Kondensatormodell aus Vorschaltgeräten



Innenleben eines Mikrowellenkondensators

MUS TIES

UMDENKEN

**MITDENKEN, MITREDEN UND
MITMACHEN: RECYCLING
FUNKTIONIERT NUR, WENN ALLE
AN EINEM STRANG ZIEHEN.**



Überwachung von Schadstoffen: Massenanteile versus Frachten

Arthur Haarman und Anahide Bondolfi

Zu den derzeit zur Überwachung der Entfrachtungsqualität verwendeten Indikatoren zählen die Massenanteile (mg/kg) von polychlorierten Biphenylen (PCB) und Cadmium in bestimmten Endfraktionen nach der mechanischen Verarbeitung. Diese Indikatoren weisen jedoch eine wesentliche Einschränkung auf: Sie berücksichtigen nicht die absoluten Schadstofffrachten (kg).

Das Management der EAG (Elektro- und Elektronikaltgeräte) verfolgt 2 Hauptziele: die Detoxifizierung und die Verwertung. Erstens sollte das EAG-Management sicherstellen, dass Schadstoffe angemessen behandelt werden (siehe auch Kapitel 4). Zweitens sollte es den Ressourcenerhalt maximieren, indem es Wertstoffe geeigneten Verwertungskanälen zuführt (siehe auch Kapitel 11 und 12).

Die Norm SN EN 50625 über die EAG-Behandlung sowie die technischen Spezifikationen von Swico/SENS legen quantitative Indikatoren fest, die oft von Grenzwerten oder Zielwerten begleitet sind, um die Effizienz der EAG-Behandlung zu überwachen. In Bezug auf die «Verwertung» beinhalten diese Indikatoren Recycling- und Rückgewinnungsquoten. In Bezug auf die «Detoxifizierung» sind als Indikatoren die Massenanteile von PCB und Cadmium in feinen nichtmetallischen, durch die mechanische Behandlung entstehenden Fraktionen (z. B. die Schredderleichtfraktion, Staub oder feine Kunststofffraktionen) vorgesehen. Die Massenanteile von PCB und Cadmium in der nichtmetallischen Feinfraktion werden unter der Annahme, dass höhere Massenanteile auf eine unzureichende manuelle Entfrachtung zurückzuführen sind, als Indikatoren für die Entfrachtungsqualität betrachtet.

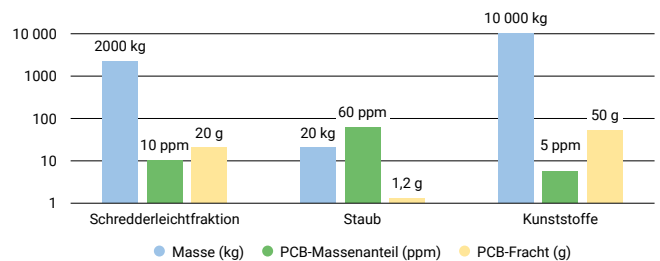


Abbildung 1

Diese Indikatoren enthalten jedoch eine wesentliche Einschränkung: Die auf Massenanteile basierenden Indikatoren berücksichtigen nicht die absoluten Schadstofffrachten (in kg), die durch die EAG-Behandlungssysteme fließen. Sie konzentrieren sich auf relative Werte (in % oder ppm¹). Eine Staubfraktion mit einer Masse von 20 kg und einem PCB-Massenanteil von 60 ppm würde unter diesem Gesichtspunkt «schlechter aussehen» als eine Schredderleichtfraktion (SLF, auch bekannt als RESH) mit einer Masse von 2000 kg und einem PCB-Massenanteil von 10 ppm. Absolut gesehen enthält die Staubfraktion jedoch 1,2 Gramm PCB, während die Schredderleichtfraktion 10 Gramm PCB enthält (siehe Abbildung 1). Noch problematischer ist der Fall von PCB-Rückständen in Kunststofffraktionen, die dem Recycling zugeführt werden: Obwohl die PCB-Massenanteile gering sind, können aufgrund der Gesamtmasse der zu rezyklierenden Kunststoffe

¹ Oft fälschlicherweise als «Konzentration» bezeichnet, die sich auf die Masse pro Volumeneinheit bezieht (z. B. in kg/m³). Ein Massenanteil kann in ppm ausgedrückt werden. 1 ppm = 1 Teil pro Million = 1 mg/kg = 0,0001 %

beträchtliche Gesamtfrachten vorhanden sein. Was mit den PCB in den Kunststoffverwertungsvorgängen geschieht, ist nicht eingehend dokumentiert. Es besteht jedoch das Risiko, dass diese Schadstoffe «im Kreislauf gehalten» und zusammen mit den Polymeren rezykliert werden. In diesem Zusammenhang wurde Ende 2018 eine Arbeitsgruppe der TK Swico/SENS eingerichtet, um den Indikatorenansatz zur Überwachung der Schadstoffentfrachtung bei der EAG-Behandlung zu überarbeiten.

Aus den ersten Arbeiten, die auf den Ergebnissen der zwischen 2015 und 2017 durchgeführten chemischen Analysen und Batchversuchen basieren, gingen interessante Informationen über die Schadstofffrachten hervor, die durch das schweizerische EAG-Behandlungssystem fließen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die PCB-Massenanteile in SLF/Staubfraktionen im Durchschnitt zwar zehnmal höher sind als in Kunststofffraktionen, die absoluten Frachten jedoch in der gleichen Grössenordnung liegen könnten. In den an Kunststoffrecycler gelieferten Kunststofffraktionen können somit bedenkliche Mengen an PCB vorhanden sein, wobei unbekannt ist, was mit diesen Substanzen geschieht. Auch bei Cadmium deuten die Ergebnisse darauf hin, dass in Kunststofffraktionen signifikante

Mengen vorhanden sind. Diese Cadmiumfracht lässt sich teilweise dadurch erklären, dass in der Vergangenheit Cadmium als Kunststoffzusatz verwendet wurde. Im Gegensatz dazu sind die in Kunststofffraktionen vorhandenen PCB höchstwahrscheinlich auf Kreuzkontaminationen zurückzuführen. Diese Ergebnisse sollten nur als Anhaltspunkte betrachtet werden, da die bisher gesammelten Daten Informationslücken enthalten.

In Zukunft wird die Arbeitsgruppe einen neuen, relevanteren Indikatorenansatz entwickeln, der nicht nur die Massenanteile, sondern auch die Frachten und die Frage des Geschehens im nachgelagerten Stofffluss berücksichtigt. Dies sollte aussagekräftigere Vergleiche zwischen den Recyclern und eine bessere Beurteilung der Entwicklung einzelner Recycler im Laufe der Zeit ermöglichen. Darüber hinaus könnte das Spektrum der überwachten Stoffe um weitere Schadstoffe erweitert werden. Die Kosten der chemischen Analysen werden ebenfalls berücksichtigt, da das Ziel darin besteht, keine zusätzliche finanzielle Belastung für die Recyclingpartner zu verursachen. Es ist möglich, dass in Zukunft Stichprobenkampagnen gefordert werden (mit mehr Fraktionen und mehr analysierten Substanzen), dass aber die Häufigkeit derartiger Stichprobenkampagnen reduziert wird.



Roman Eppenberger
Technologie & Qualität,
Stiftung SENS

«Der maximal zulässige Kupfermassenanteil in Schredderrückständen ist derzeit auf 1 % mit einer Toleranz von 4 % festgelegt. Die Überlegungen bezüglich der Frachten könnten jedoch auch auf das in den Rückständen vorhandene Kupfer angewendet werden. Tatsächlich erhalten wir durch die Berechnung der Kupferfracht eine bessere Schätzung der Menge des effektiv «verlorenen» Metalls und damit der Effizienz des Metallrückgewinnungsverfahrens als durch die Berücksichtigung des Kupferprozentsatzes in Schredderrückständen. Die derzeit verwendeten Schwellenwerte könnten daher infrage gestellt werden.»



Vermeidung von Quecksilberemissionen bei der manuellen Flachbildschirmdemontage

Heinz Böni

Ältere LCD-Flachbildschirme enthalten zur Beleuchtung der bildübertragenden Fläche quecksilberhaltige Leuchtstoffröhren. Diese müssen aus den Geräten entfernt und speziell entsorgt werden. Da sie sehr dünn sind, erfordert eine Entfernung gut geschulte Mitarbeitende. Die Norm SN EN 50625 legt fest, dass 95 % der Röhren bei der manuellen Demontage intakt bleiben müssen. Die Technische Kommission von Swico hat 2018 mit 5 Recyclingbetrieben einen Entfrachtungstest durchgeführt, um zu überprüfen, ob diese Forderung eingehalten werden kann.

Die Flachbildschirmtechnologie hat sich in den letzten 10 Jahren rasant entwickelt. Nach der Verbreitung von Flachbildschirmen mit LED-Hintergrundbeleuchtung werden im Laptop- und TV-Bereich zunehmend dünne OLED-Bildschirme ohne Hintergrundbeleuchtung angeboten. Ältere Flachbildschirme verfügen jedoch noch über quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtungen, welche bei der Entsorgung spezielle Anforderungen stellen. So sind diese bei der manuellen Demontage mit hoher Sorgfalt zu entfernen, um einen Bruch und damit ein Entweichen von Quecksilber zu vermeiden. Nach der Entfernung müssen diese in speziellen Anlagen entsorgt werden. Um die Entfrachtung gesundheits- und umweltschonend durchzuführen, verlangt die Norm SN EN 50625 in den technischen Spezifikationen, dass 95 % der Röhren intakt bleiben müssen.

Die Technische Kommission von Swico hat, um die Erfüllung dieser Normforderung zu überprüfen, 2018 von allen Recyclingbetrieben verlangt, dass sie einen Entfrachtungstest mit mindestens 3 Tonnen oder 150 Geräten durchführen müssen.

Insgesamt wurden in 5 Betrieben knapp 10 Tonnen oder 1400 Geräte zerlegt, 40 % davon waren Laptops, 30 % PC-Monitore und 40 % TV-Flachbildschirmgeräte. Von diesen Geräten verfügten im Durchschnitt 28 % der Geräte über LED-Hintergrundbeleuchtungen, welche vom Versuch ausgeschlossen wurden, ca. 15–30 % bei den Laptops, 15–40 % bei den TV-Geräten und ca. 10–30 % bei den PC-Monitoren. Der Anteil an LED-Geräten hat gegenüber 2016 somit spürbar zugenommen (siehe Fachbericht 2017: TV-Geräte 11–26 %, PC-Monitore 0–12 %). (siehe Tabelle)

Zitierte Studien:

- [↗ «Entsorgung von Flachbildschirmen in der Schweiz – Schlussbericht», Swico Recycling, Empa, 3.2011](#)
- [↗ «Anforderungen an die Behandlung spezifischer Elektroaltgeräte unter Ressourcen- und Schadstoffaspekten», Umweltbundesamt, DE, ISSN 1862-4359, 2016](#)
- [↗ S. 391–398, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, Fachmagazin Deutschland, Nr. 10/2018](#)

Betrieb	Zerlegte FPD-Geräte [Anzahl]								CCFL-Hintergrundbeleuchtungen			Entfrachtungs- qualität (% intakte CCFL)
	Laptop- FPD		PC-FPD		TV-FPD		TOTAL		Total ent- nommen	Bruch vor Zerlegung	Bruch durch Zerlegung	
	CCFL	LED	CCFL	LED	CCFL	LED	CCFL	LED	(g)	(g)	(g)	
Betrieb 1	0	0	75	8	83	16	158	24	8999	557	18	99,79 %
				10 %		16 %		13 %		6,18 %	0,21 %	
Betrieb 2	337	161	127	52	83	48	547	261	8650	1261	292	96,05 %
		32 %		29 %		37 %		32 %		14,58 %	3,95 %	
Betrieb 3	0	0	0	0	176	83	176	83	19 001	2549	850	94,83 %
						32 %		32 %		13,42 %	5,17 %	
Betrieb 4	2	0	108	0	22	11	0	0	2328	144	70	96,82 %
		0 %				33 %				6,16 %	3,18 %	
Betrieb 5	50	0	54	7	30	20	134	27	5710	156	156	97,19 %
		0 %		11 %		40 %		17 %		2,73 %	2,81 %	
TOTAL	389	161	364	67	394	178	1015	395	44 688	4666	1385	96,54 %
		29 %		16 %		31 %		28 %		10,44 %	3,46 %	
		ca. 30 %		10-30 %		15-40 %		15-30 %				
		550		431		572		1410				
		39 %		31 %		41 %						

FPD Flat Panel Displays (Flachbildschirme)
CCFL Cold Cathode Fluorescent Lamp (quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtung)

Tabelle: Vergleich der Entfrachtungsqualität von Hintergrundbeleuchtungen aus Flachbildschirm aus verschiedenen Betrieben (2018)

Die Entfrachtungstests zeigten, dass im Durchschnitt 3–15 % der quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtungen trotz des Transports in Paletten und Rahmen bei der Demontage bereits zerbrochen waren. Diese Ergebnisse decken sich mit Erkenntnissen aus Deutschland (UBA 2017), wo bei Fernsehgeräten rund 20 % und bei PC-Monitoren 13 % der entnommenen Röhren bereits beschädigt waren.

Bei der manuellen Zerlegung im Rahmen des Versuches zerbrachen mit gut geschulten Mitarbeitenden 0–5,17 der noch intakten Hintergrundbeleuchtungen. Die beteiligten Betriebe konnten somit alle die Normforderung einhalten. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass die Versuchsbedingungen nicht zwingend den Alltag darstellen. Im Tagesbetrieb dürfte diese strenge Forderung tendenziell schwieriger zu erfüllen sein.

Quecksilber ist das einzige bei Raumtemperatur flüssige Metall. Es verdampft bereits bei Zimmertemperatur, weshalb bei der manuellen Demontage von quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtungen die Arbeitsplatzexposition von besonderem Interesse ist. Um die möglichen Expositionsrisiken abzuschätzen, haben einzelne Betriebe



Manuelle Zerlegung eines PC-Monitors



Quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtungen



9 FPD-Entfrachtung

in Zusammenarbeit mit SUVA oder durch die Beauftragung spezialisierter Firmen Arbeitsplatzmessungen durchgeführt. Stellvertretend sei das Beispiel der Altola AG erwähnt, welche die Messungen durch die Carbotech AG durchführen liess. 2017 und 2018 wurden personenbezogene und stationäre Messungen durchgeführt. Bei der LCD-Demontage wurde bei personenbezogenen Messungen der MAK-Wert (MAK = Maximale Arbeitsplatzkonzentration) für metallisches Quecksilber von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um mehr als das 30-fache unterschritten, während bei der stationären Messung der gemessene Wert mit $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rund 20-fach tiefer war. Als allgemeine Empfehlung aus Sicht von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz empfehlen die Autoren unabhängig von der Quecksilberthematik die nasse Reinigung der Arbeitsoberflächen sowie die Reinigung der Hallenböden mit Industriestaubsaugern mit Partikelfiltern (Filterklasse H). Um Staubaufwirbelungen zu vermeiden, soll auf trockenes Wischen generell verzichtet werden.

Messungen in Deutschland ergaben etwas höhere Werte. Bei einem Arbeitsplatz mit Absaugung der Werkbank ergab sich auf Kopfhöhe des Arbeiters eine durchschnittliche Konzentration von $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maximum $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Bei ungeschütztem Arbeitsplatz betrug der Wert je nach

Anzahl der bereits zerstörten Röhrchen $6,8\text{--}17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und bei vollständiger Zerstörung aller Röhrchen $20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (UBA 2017). Eine kürzlich veröffentlichte Studie hat Werte im Bereich der Resultate von Carbotech AG ergeben (Wegscheider 2018), und zwar sowohl bei Demontagearbeitsplätzen mit als auch solchen ohne Arbeitsplatzabsaugung.

Die grössten Emissionsquellen sind, wie bereits früher festgestellt wurde, die Sammelfässer mit zerbrochenen Röhrchen (Swico 2011 und Wegscheider 2018). Innerhalb des Fasses werden Werte über $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, unmittelbar darüber von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, wobei Wegscheider Konzentrationsspitzen über dem Fass von über $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen hat. Ein Fass mit einer kleineren runden Öffnung ergab 30 cm über dem Fass immer noch $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im Atembereich lag der Wert unterhalb der Messgrenze von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Auch in offenen Sammelbehältern mit intakten Röhrchen werden Quecksilberkonzentrationen zwischen 10 und $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, was darauf hindeutet, dass bei der Einlagerung Leuchtmittel kaputtgingen. Im Atembereich lag die Konzentration unter $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es ist für die Betriebe deshalb im Umgang mit sowohl intakten wie auch defekten Röhrchen besondere Vorsicht angezeigt.



Thaddäus Steinmann
Leiter feste alternative Brennstoffe
und Mitglied der Geschäftsleitung,
➤ www.altola.ch

Was sind die wichtigsten/überraschendsten Erkenntnisse aus den Quecksilbermessungen?

«Die Messkampagnen haben unsere Erwartungen bestätigt. Bei der Demontage quecksilberhaltiger Backlights zeigt sich die Wichtigkeit sauber abgestimmter technischer, organisatorischer und persönlicher Schutzmassnahmen (TOP). Um nachhaltig gute Resultate zu erzielen, müssen die Arbeiten eng begleitet werden.»

EAG-Kunststoffe – die aktuelle Lage

Arthur Haarman und Michael Gasser

Im Jahr 2018 hatte die EAG-Kunststoffrecyclingindustrie ebenso wie in den vorausgehenden Jahren zahlreiche Schwierigkeiten zu überwinden. Das Recycling von EAG-Kunststoffen steht derzeit vor einer Reihe technischer, regulatorischer und wirtschaftlicher Herausforderungen, obwohl es aus Gründen des Umweltschutzes und aufgrund der für den Wirtschaftskreislauf gesteckten Ziele stark gefördert wird.

EAG-Kunststoffrecycling auf einen Blick

EAG-Kunststoffe machen im Durchschnitt etwa ein Viertel des EAG-Gewichts aus und bestehen aus einer komplexen Mischung verschiedener Polymere mit einer Vielzahl von Additiven wie Flammenschutzmittel, Füllstoffe, Pigmente und Stabilisatoren (Abbildung 1). HIPS, ABS, PC-ABS und PP sind die am häufigsten in EAG vorhandenen Polymere. Sie können unter Anwendung einer Kombination von Technologien wie der Dichtentrennung, der Sortierung mittels Infrarotstrahlen und Röntgentransmission sowie der triboelektrostatischen Trennung mechanisch bis zu einem hohen Reinheitsgrad voneinander getrennt werden. Rezyklierte HIPS-, ABS-, PC-ABS- und PP-Pellets, die in hochmodernen Recyclinganlagen hergestellt werden, können ausreichend gute technische Eigenschaften aufweisen, um bei den Produktionsvorgängen Neukunststoff zu ersetzen. Andere in EAG vorhandene Polymere werden in der Regel nur dann zurückgewonnen, wenn sie besonders wertvoll sind und bei der manuellen Demontage leicht entnommen werden können (z. B. PMMA aus Flachbildschirmen).

Die Komplexität der aus der EAG-Vorbehandlung hervorgehenden Kunststoffmischungen und die mit den gegenwärtigen Kunststoffsortiertechnologien einhergehenden Einschränkungen führen jedoch zu relativ hohen Materialverlusten. Der Gehalt an Zusatzstoffen kann sich nachteilig auf die Leistungsfähigkeit der Dichtesortierung auswirken, Infrarot-Technologien sind oft nicht in der Lage, dunkel gefärbte Kunststoffe zu sortieren, und die triboelektrische Trennung ist äusserst feuchteempfindlich. Aus diesem Grund wird in der Regel weniger als die Hälfte des den EAG-Kunststoffrecyclern zugeführten Materials

tatsächlich wiederverwertet. Was nicht rezykliert wird, muss der energetischen Verwertung zugeführt werden (Müllverbrennungsanlagen mit Energierückgewinnung oder als Brennstoffersatz in Zementöfen). Die manuelle Trennung von EAG-Kunststoffen vor der maschinellen Verarbeitung führt oft zu höheren Ausbeuten, ist jedoch aufgrund der hohen Lohnkosten meist zu teuer.

Bromierte Flammenschutzmittel – aktuelle Mengen und künftige Grenzwerte

Eine wichtige Familie von EAG-Kunststoffzusatzstoffen sind die bromierten Flammenschutzmittel (BFR), die zur Reduktion der Entflammbarkeit häufig in Elektro- und Elektronik-Kunststoffen verwendet werden, und zwar insbesondere in Gehäusen, Isolierschäumen, Leiterplatten, Kabeln und Steckverbindern. Belege für die Persistenz, das Bioakkumulationspotenzial und die Toxizität einiger BFR-Verbindungen haben dazu geführt, dass sie nach dem internationalen Stockholmer Übereinkommen als persistente organische Schadstoffe (POP) eingestuft wurden. POP-BFR sind z. B. PBDE (PentaBDE, OctaBDE und DecaBDE), HBCDD und HexaBB. Ihre Herstellung und Verwendung ist mit Ausnahme einiger Anwendungen verboten.

Abfälle, die POP oberhalb eines bestimmten Grenzwerts («niedriger POP-Gehalt») enthalten, müssen behandelt werden, um diese Substanzen zu vernichten. EAG-Kunststoffe, die POP-BFR oberhalb des niedrigen POP-Gehalts enthalten, dürfen daher nicht rezykliert werden, es sei denn, sie durchlaufen ein Trennverfahren, aus dem eine zu entsorgende BFR-reiche Fraktion und eine rezyklierbare BFR-arme Fraktion unterhalb des «niedrigen POP-Gehalts» (Abbildung 2)



hervorgehen. Da es schwierig ist, POP direkt zu messen, wird in Recyclingprozessen Brom als operativer Tracer verwendet. Gemäss der Normenreihe SN EN 50625 dürfen EAG-Kunststoffe nur dann recycelt werden, wenn ihr Gesamtbromgehalt unter 2000 ppm liegt.

BFR sind in den verschiedenen EAG-Kategorien nicht in einheitlichen Mengen vorhanden (Abbildung 3). Die höchsten Konzentrationen finden sich in Kunststoffen aus Kathodenstrahlröhren (CRT) und in geringerem Masse aus Flachbildschirmen (FPD). Bei kleinen Haushaltsgeräten (SHA) und grossen Haushaltsgeräten (LHA) sind die Werte geringer und bei Kühl- und Gefriergeräten (CFA) am niedrigsten. Die EU-POP-Verordnung, mit der das Stockholmer Übereinkommen auf EU-Ebene umgesetzt wird, befindet sich derzeit in Überarbeitung. Seit das Europäische Parlament im Mai 2018 eine erste Liste von Änderungsvorschlägen veröffentlicht hat, finden heftige Diskussionen statt. Besonders umstritten sind die Grenzwerte für die DecaBDE enthaltenden Stoffe, Gemische und Gegenstände. DecaBDE ist die letzte Substanz, die der POP-BFR-Liste hinzugefügt wurde, und ist unbeachtet der seit über einem Jahrzehnt geltenden Einschränkungen in den EAG-Kunststoffströmen immer noch häufig vorzufinden. Während das Gesetzgebungsverfahren noch im Gang ist, soll ein Grenzwert von 500 ppm für die Summe der PBDE sowohl vom Europäischen Parlament als auch vom

Rat vereinbart worden sein. Anscheinend bezieht sich der Grenzwert auf DecaBDE, PentaBDE und OctaBDE und gilt sowohl für Abfälle (Anhang IV) als auch für Erzeugnisse (Anhang I). Im Falle einer Bestätigung würden EAG-Kunststoffmischungen mit mehr als 500 ppm PBDE als «POP-Abfall» betrachtet, und die nachgelagerte Abtrennung des POP-Gehalts müsste dokumentiert werden. Darüber hinaus müsste das Produkt (recycelte Pellets) weniger als 500 ppm PBDE enthalten. Die neu vorgeschlagenen Grenzwerte liegen deutlich unter den derzeit geltenden¹. Der in der Normenreihe SN EN 50625 festgelegte Betriebsgrenzwert von 2000 ppm für das Recycling von EAG-Kunststoffen müsste möglicherweise überprüft und gegebenenfalls herabgesetzt werden, was zusätzliche Investitionen für die Anlagenbetreiber erforderlich machen könnte. Darüber hinaus könnte ein höherer Verwaltungsaufwand beim Transport und bei der Behandlung von EAG-Kunststoffen die Kosten steigern, und die Recyclingquoten könnten aufgrund der grösseren zu entsorgenden Mengen sinken.

Starke Änderungen im Kunststoffschrottmarkt
Chinas plötzliche Entscheidung, die Einfuhr von Schrottmaterial im Jahr 2018 zu stoppen, wirkte wie ein Erdbeben und hatte eine tiefgehende Umwälzung des Handels mit Kunststoffschrott zur Folge (WasteDive, 2018). Europa, die USA und verschiedene Entwicklungsländer hatten sich über lange Zeit hinweg darauf verlassen, dass

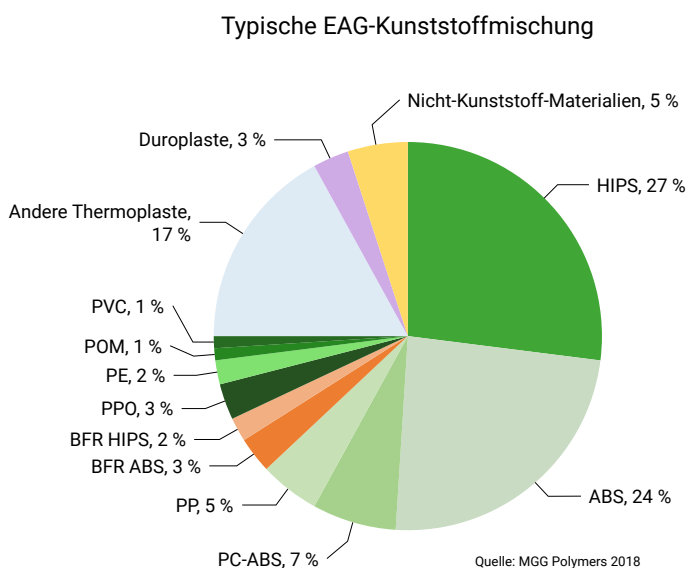


Abbildung 1: Slijkhuis, C., 2018. Recycling plastics from WEEE requiring a sensible and practical approach on POPs, in: Going Green Care Innovation 2018.

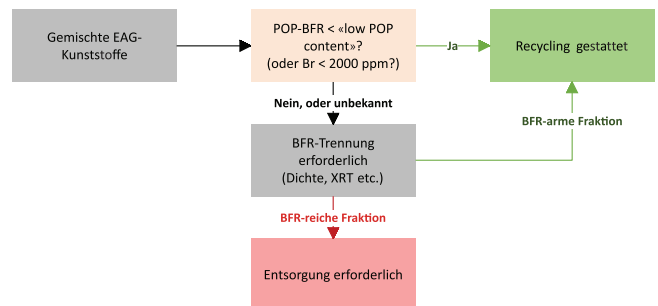


Abbildung 2: Behandlung von EAG-Kunststoffen nach SN EN 50625

¹ In Abfällen (POP-Verordnung): 1000 ppm für die Summe von Penta- und Octa-BDE. In Produkten (RoHS-Richtlinie): 1000 ppm für die Summe von Penta-, Octa- und Deca-BDE.

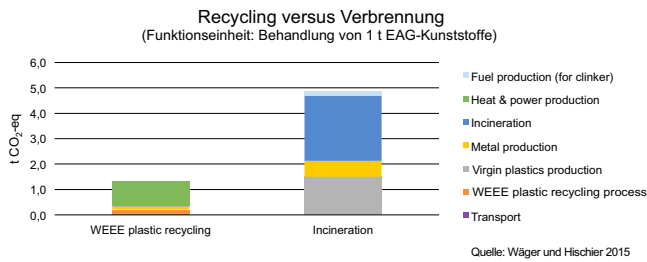


Abbildung 3: Levels of brominated flame retardants in different WEEE streams (Gehalt an bromierten Flammschutzmitteln in verschiedenen EAG-Flüssen, Quelle: Wäger und Hischier, 2015)

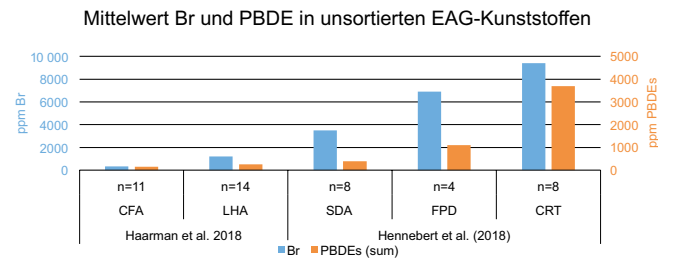


Abbildung 4: Ergebnisse der 2015 von der Empa durchgeführten LCA-Studie

China ihren Kunststoffschrott aufnimmt. Nach dem Einfuhrverbot nahmen die Exporte in andere asiatische Länder wie Malaysia, Vietnam und Thailand stark zu. Diese Länder haben jedoch schnell Massnahmen zur Einfuhrbegrenzung von Kunststoffabfällen ergriffen. Dies führte zu einer Überschwemmung der europäischen Kunststoffschrottmärkte, und die Schrottpreise haben sich bis heute noch nicht erholt. Granulate aus rezykliertem Kunststoff sind jedoch sehr gefragt, und die Preise sind im vergangenen Jahr unbeachtet der sinkenden Neu-Polymer-Preise stabil geblieben. Die aktuelle Situation mit einer hohen Verfügbarkeit von billigem Schrott bei stabilen Recyclatpreisen ist für die europäische Kunststoffrecyclingindustrie günstig. Es werden Investitionen getätigt, und die Verarbeitungskapazitäten steigen offensichtlich stark an (Bundesverband Sekundärrohstoffe, 2018).

Während sich die jüngsten Marktentwicklungen für die europäische Kunststoffrecyclingindustrie positiv auswirken, belastet der Rückgang der Kunststoffschrottpreise die EAG-Recycler. Es kann häufig vorkommen, dass die Transportkosten für die Zuführung in eine Kunststoffrecyclinganlage den erzielten Preis übersteigen. Dennoch bleibt das Recycling wirtschaftlich überlegen, solange es weniger als die Verbrennung kostet.

Abnehmendes EAG-Kunststoffrecycling

Verschärfte regulatorische Beschränkungen und instabile Marktbedingungen gefährden die

Wirtschaftlichkeit des EAG-Kunststoffrecyclings in Europa. Ungünstige Bedingungen können dazu führen, dass weniger EAG-Kunststoffe rezykliert und mehr verbrannt werden. Sie können überdies die Ausfuhr in Länder erhöhen, in denen die Abfallbehandlung lockereren Vorschriften unterliegt. All dies hätte direkte Konsequenzen für die Gesamtverwertungsquoten, die Behandlungskosten und die Umweltauswirkungen.

Aus ökologischer Sicht ist das Recycling von EAG-Kunststoffen deren Verbrennung in einer KVA (mit Energierückgewinnung, unter Annahme eines R1-Werts von 64 %) eindeutig überlegen (Wäger und Hischier, 2015). Insbesondere in Bezug auf das Treibhauspotenzial («CO₂-Fussabdruck») sind die Auswirkungen der Verbrennung fast viermal höher als beim Recycling (Abbildung 3). Der Hauptunterschied besteht im Verbrennungsprozess selbst, der direkt CO₂-Emissionen verursacht, während die Auswirkungen des Kunststofftransports zu einer Recyclinganlage auch über längere Strecken (1000 km) vernachlässigbar sind.

Eine Verringerung der Recyclingquoten kann daher die Anstrengungen Europas für eine Reduktion seines CO₂-Fussabdrucks gefährden. Da keine umfassende Studie vorliegt, die auch gesundheitliche Risiken sowie wirtschaftliche und soziale Aspekte berücksichtigt, bleibt unklar, ob eine solche Strategie eine tragfähige Lösung darstellt.

Quellennachweis

- Bundesverband Sekundärrohstoffe, 2018. bvse market report on plastics, December 2018.
- EERA, 2018. Responsible recycling of WEEE plastics containing Brominated Flame Retardants.
- Haarman, A., Gasser, M., Böni, H., Rösslein, M., Wäger, P., 2018. Brominated Flame Retardants in Large Household Appliances. St. Gallen.
- Hennebert, P., Filella, M., 2018. WEEE plastic sorting for bromine essential to enforce EU regulation. Waste Manag. 71, 390–399.
- Slijkhuis, C., 2018. Recycling plastics from WEEE requiring a sensible and practical approach on POPs, in: Going Green Care Innovation 2018.
- Wäger, P., Hischier, R., 2015. Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant. Sci. Total Environ. 529, 158–167.
- [WasteDive, 2018. 5 charts that show the trade flow effects of China's import policies.](#)



TE KAPITEL

IM INTERNATIONALEN VERGLEICH
BEREITS EINEN SCHRITT VORAUSS.

DAS SCHÖNE

IST DIE SCHWEIZ



Recycling- und Verwertungspotenzial

Roger Gnos und Rolf Widmer

Die von Swico Recycling entwickelte Warenkorbanalyse (WKA) 2.0 dient der differenzierten Bestimmung des Rückflusses von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG), womit u. a. die auf den Geräten erhobene vorgezogene Recyclinggebühr (vRG) aktualisiert werden können. Die Vergütung der verarbeiteten Mengen ist im Swico Recyclingsystem indexiert, d. h. an den Gerätemix gekoppelt, der ebenfalls mit der WKA ermittelt wird. Gegenwärtig wird in einem erweiterten Batchversuch zusätzlich eine kombinierte WKA und Analyse der Materialzusammensetzung des Inputs durchgeführt, um das Recycling- und Verwertungspotenzial des Swico-mix Behandlungsstroms zu untersuchen.



Abbildung 1: Feinzerlegter GhettoBlaster

Wichtige Datenquellen: Warenkorbanalyse und Batchversuche

Ein zentrales Instrument zur Bestimmung des differenzierten Rückflusses von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) ist die von Swico Recycling entwickelte mobile und stationäre Warenkorbanalyse (WKA) 2.0. Die daraus gewonnenen Daten dienen unter anderem als Grundlage zur Berechnung bzw. Aktualisierung des vorgezogenen Entsorgungsbeitrags (VEB), der auf Neugeräten erhoben wird. Bei der Datenermittlung werden die EAG in ca. 35 verschiedene Kategorien eingeteilt und einzeln gewogen und beschrieben – zum Beispiel, ob ein Gerät von Wertstoffen beraubt wurde oder ob es noch Lithium-Batterien enthält.

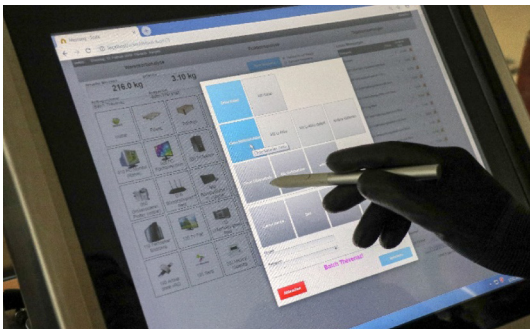


Abbildung 2: Touch Panel WKA 2.0

Die Vergütung der Recyclingleistung ist im Swico Recyclingsystem indexiert, d. h. sie ist unter anderem an den individuellen Gerätemix gekoppelt, welcher ebenfalls aus den WKA-Daten ermittelt wird. Zurzeit wird in einem aufwendigen Batchversuch zusätzlich zur üblichen Analyse der Outputfraktionen mittels einer Analyse des Batchinputs das Recycling- und Verwertungspotenzial des Swico-mix Behandlungsstroms untersucht (Swico Kleingeräte ohne Bildschirmgeräte).

Erstmals wurden zwischen 2015 und 2016 bei sechs Swico Recyclingpartnern mit unterschiedlichen mechanischen Verarbeitungen je ein Batchversuch ihrer Swico-mix Behandlungsströme mit konfektionierten, d. h. möglichst identischen Eingangszusammensetzungen, durchgeführt (vgl. ↗ [Fachbericht 2017](#)). Ziel des Versuches war es, neben der üblichen Bestimmung der individuell erzielten Recycling- und Verwertungsquoten sowie Schadstoffentfrachtungen auch einen Leistungsvergleich zwischen diesen Betrieben zu erhalten.

Ermitteln des Recyclingpotenzials

Beim jetzigen Swico-mix Batchversuch 2018/19 geht es darum, die Verarbeitungsleistung und -güte eines einzelnen Recyclingbetriebs genauer zu untersuchen. Dieser Prozess (siehe Abbildung 3) beginnt mit einem «blinden» Ausschleusen von Gebinden (Paletten mit 3 Rahmen) aus dem Kleingeräte-Mix im Eingangsstrom des Recyclingbetriebs. Diese ausgeschleusten Gebinde werden vom Recycler unverändert zu einem spezialisierten Zerlegebetrieb befördert, dort zwischengelagert und vom WKA-Team analysiert (siehe Abbildung 2). Das heißt, jedes einzelne Gerät wird gewogen, einer der 35 Swico Gerätekategorien zugeteilt und mit weiteren Angaben spezifiziert. Die WKA-Software weist das Team daraufhin an, das Gerät entweder als «nicht Swico-mix» auszuscheiden oder es zum Batchversuch zuzulassen. Jedes zehnte zugelassene Gerät wird von der Software für eine detaillierte Analyse der Materialzusammensetzung ausgewählt, mit einer Identifikationsnummer (Barcode) versehen und danach der Feinerlegung zugeführt (siehe Abbildung 1).

11 Wertstoffpotenzial und RVQ

Swico-mix Batchversuch (alle Materialflüsse in Tonnen)

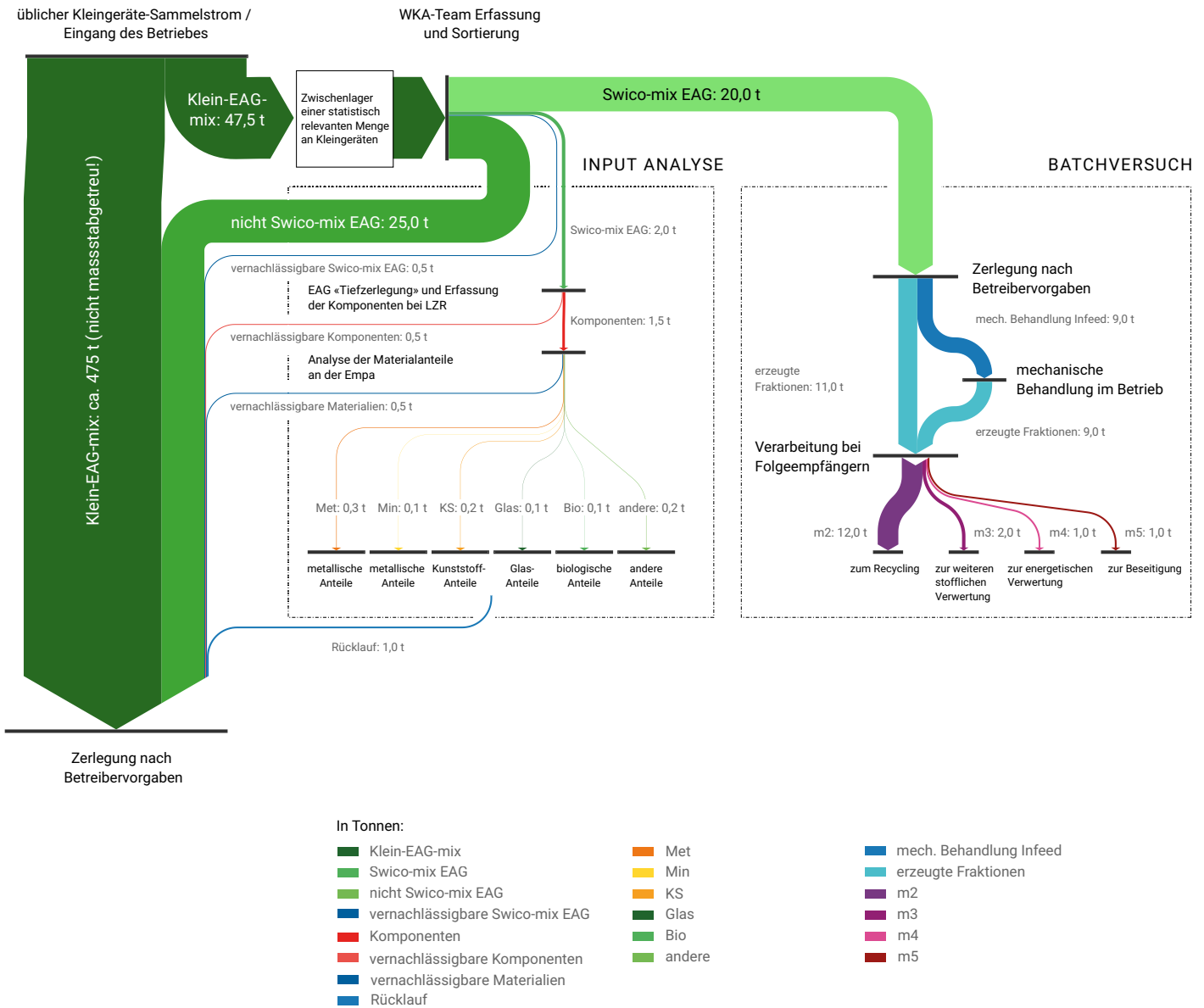


Abbildung 3: Sankey-Diagramm der Materialflüsse des Swico-mix Batchversuchs. Die angegebenen Werte sind die für die Versuchsplanung geschätzten Flüsse.



Abbildung 4: Nach der WKA für den Batchversuch sortierte und registrierte Geräte

Nach dieser Prozedur sind alle EAG in 3 Gruppen aufgeteilt: «nicht Swico-mix» EAG, die zurück in die normale Behandlung gehen, «Swico-mix» EAG, die für den Batchversuch bestimmt sind, sowie EAG zur «Feinzerlegung» (siehe Abbildung 4).

Die für den Batchversuch ausgewählten EAG mit einer vorgegebene Zielmasse von insgesamt 20 Tonnen werden im üblichen Prozess schadstoffentfrachtet, mechanisch aufbereitet und die erzeugten Fraktionen in den etablierten Downstream-Behandlungen einer Endnutzung zugeführt. Die Analyse der Outputfraktionen aus der Erstbehandlung wird gegenüber der Routine jedoch erweitert, um zum Beispiel Schadstoffe aus Elektrolytkondensatoren oder die Verteilung nachweispflichtiger Schadstoffe über verschiedene Fraktionen zu untersuchen. Die Massen der schlussendlich stofflich bzw. energetisch verwerteten Materialien werden mit der Software «WF-Rep-Tool» zu den erzielten Recycling- und Verwertungsquoten umgerechnet.

Die für die Feinzerlegung bestimmten EAG (11,1 % = 1:9 der Batchmasse) werden soweit möglich von Hand in ihre Einzelteile zerlegt. Bauteile wie Leiterplatten werden mit den üblichen Labor-Aufbereitungsmethoden weiter aufgeschlossen, um schliesslich den Gehalt verschiedener Materialien, insbesondere bestimmter Metalle und Polymere, zu bestimmen. Diese Gehalte werden unter Berücksichtigung von Unsicherheiten auf den gesamten Input hochgerechnet. Damit kann schlussendlich die Ausbeute der untersuchten Materialien über die gesamte Behandlungskette bestimmt werden. Diese Bestimmung geht über die Erfordernisse der Normenserie SN EN 50625 hinaus, welche die nachzuweisende Ausbeute in Schmelzwerken lediglich für Gold, Silber, Palladium und Kupfer auf mindestens 90 % festlegt.

11 Wertstoffpotenzial und RVQ

Erste Resultate

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Eingangsdaten in den Batchversuch. Die endgültigen Resultate dieses Versuchs werden gegen Ende des ersten Semesters 2019 erwartet.

Zuordnung	Anzahl	Masse/kg	Beschreibung
«Nicht Swico-mix»	1659	12 974,32	Ausgeschiedenes Material, das nicht zu «Swico-mix» gehört
«Swico-mix»	8261	22 473,02	«Swico-mix» Material, das im Batchversuch verarbeitet wird
«Input Analyse»	1096	4397,85	«Swico-mix» Material, das feinzerlegt wird
«Andere»	110	282,03	Dies sind 110 EAGs aus den WKA Betriebstests, welche vernachlässigt werden
Total	11 126	40 127,22	Gesamtmenge aller untersuchten EAG

Tabelle 1 Resultate der WKA Sortierung zeigen, dass die angepeilte

- Batchmasse von 20 000 kg, die im Versuch verarbeitet werden soll, um ca. 2500 kg (ca. +10 %) übertroffen wurde,
- EAG-Menge, die zur Feinzerlegung abgezweigt wurde (11,1 %), anzahlmässig um +13 % und massenmässig um +21 % übertroffen wurde.



«Vertiefte Kenntnisse vom Recyclingpotenzial unseres Wareninputs und gleichzeitig von der Trennschärfe unseres Verarbeitungsprozesses bezüglich Wert- und Schadstoffen sind unser ureigenstes Interesse. Fortschritte in dieser Thematik entsprechen unserer DNA!»

Markus Stengele
SOREC AG, Gossau
↗ www.sorec.ch

Recycling-Quote von Haushaltsgrossgeräten

Gerit Hug und Anahide Bondolfi

Der Zielwert für die Recycling-Quote (RQ) bei Haushaltsgrossgeräten in der Schweiz beträgt 75 %. In der Vergangenheit zeigte sich, dass einzelne Recycler Probleme haben, diesen Wert zu erreichen, da die RQ von der Zusammensetzung der einzelnen Geräte und vom Gerätemix abhängig ist. Aus diesem Grund sammelt die TK SENS detaillierte Daten über die Zusammensetzung pro Gerätetyp und sucht neue Methoden, um RQ-Ziele sachgerechter definieren zu können.

Ausgangslage

Die Durchführung von Batchversuchen dient der standardisierten Ermittlung der Recycling- und Verwertungsquote (RVQ) pro Behandlungsstrom eines einzelnen Recyclingbetriebs. Mit der RVQ soll die Verwertungsleistung der Recyclingbetriebe beurteilt werden. Zur Beurteilung werden in Anlehnung an die WEEE-Direktive spezifische RVQ-Mindestanforderungen für die stoffliche und energetische Verwertung definiert. Als Recyclingquote (RQ) gilt der Anteil an Materialien aus der Verarbeitung von Geräten, welcher einer stofflichen Verwertung zugeführt wird. Die Verwertungsquote (VQ) bezeichnet die Summe aus der RQ und dem Anteil der Materialien, welcher einer energetischen Verwertung zugeführt wird.

Die Mindestanforderung für die RVQ von Haushaltsgrossgeräten (HHGG) beträgt 75 % (RQ) bzw. 80 % (VQ). Seit 2014 ergaben sich in der Schweiz bei Recyclingbetrieben Probleme mit der Erreichung der Mindestanforderung von 75 % bezüglich der RQ. Eine tiefere RQ kann verschiedene Gründe haben.

Auf Seite des Recyclingbetriebs:

- Keine oder geringe Rückgewinnung der rezyklierbaren Kunststoffe sowie von Glas oder Beton
- Geringe Effizienz der Metallrückgewinnung mit hohen Metallverlusten, insbesondere in der feinen (weitgehend) nicht-metallischen Schredderfraktion, (FNS oder RESH)

Andere Gründe sind eher unabhängig vom Recyclingbetrieb:

- Geringeres Gewicht von neueren Geräten mit höheren Kunststoffanteilen und weniger Metallen
- Änderung des Mixes der zu behandelnden Geräte mit weniger metallreichen Geräten

Analyse der Inputzusammensetzung und der Wertstoffausbeuten

Da bis vor einem Jahr keine gesicherten Daten zu Metall-, Kunststoff-, Glas- und Betonanteilen zur Verfügung standen, wurde von SENS ein Projekt zur Ermittlung der Anteile Metalle (Eisen, Kupfer und Aluminium), Kunststoffe, Glas und Beton je HHGG-Gerätetyp lanciert. Dazu wurden je ca. 10 Tonnen der Gerätetypen Geschirrspüler, Tumbler, Waschmaschinen und Kochherde/Backöfen in separaten Kampagnen bei einzelnen Recyclingbetrieben von Schad- und Störstoffen befreit und maschinell verarbeitet. Zusätzlich wurden durch einen Zerlegebetrieb ca. 50 Geräte pro Gerätetyp manuell zerlegt. Neben der Anzahl



12 Analyse Input

Geräte wurden die Gewichte des Inputs sowie aller Outputfraktionen bestimmt. Ein Durchschnittsgewicht pro Gerätetyp wurde berechnet (siehe Figur 1).

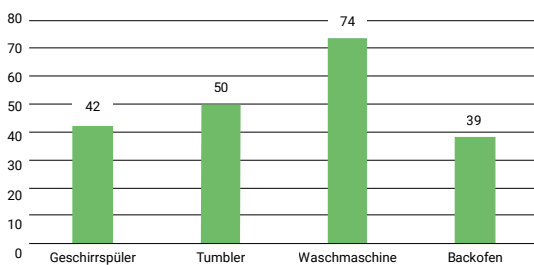
In weiteren Schritten wurden für die Fraktionen entweder durch zusätzliche Trennschritte oder Analysen die stofflichen Zusammensetzungen ermittelt. Mit den in WF-RepTool eingegebenen Daten wurden die erzielten RVQ pro Gerätetyp berechnet. Erste Resultate sind in Figur 2 ersichtlich. Die Inputzusammensetzung an Metall zeigt, wie viel Metall theoretisch verwertet werden könnte, wenn es im Verarbeitungsprozess keine Verluste gäbe. Weitere ähnliche Kampagnen werden 2019 durchgeführt, um zuverlässigere und umfangreichere Daten zu haben.

Aussicht

Ungeachtet der Vorgaben der WEEE-Direktive lässt sich mit einem Vergleich der theoretischen Werte die Leistungsfähigkeit des untersuchten Recyclingverfahrens beurteilen. Zukünftig plant die TK SENS unter anderem, gemäss den folgenden Ansätzen vorzugehen:

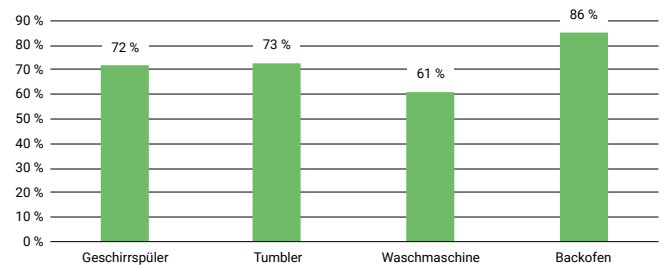
- Definieren von RQ-Zielwerten in Bezug auf massenbezogene Sollwerte: z. B. 98 oder 100 % vom theoretischen Metallanteil vor Stahlwerk muss erreicht werden
- Definieren von RQ-Zielwerten bezüglich der ökologischen Wertigkeit, z. B. Leiterplatten (Edelmetalle und seltene Metalle)
- Plausibilisierung der erreichten RQs durch Analyse der feinen nichtmetallischen Schredderfraktionen (FNS oder RESH) und durch den Vergleich mit theoretisch erreichbaren RQ pro Gerätetyp (siehe Figur 2), je nach Gerätemix im Input

Durchschnittsgewicht pro Gerätetyp (kg)



Figur 1

Inputzusammensetzung:
Anteil Metall pro Gerätetyp



Figur 2

Die erzielbare RQ ist grundsätzlich von der Zusammensetzung des Gerätemix pro Batch abhängig. Die Anwendbarkeit der RQ-Mindestanforderungen gemäss WEEE-Direktive ist damit mehr als infrage gestellt. Insbesondere auch, weil in der revidierten WEEE-Direktive 2012/19/EU die Anforderung ab 15.08.2015 um 5 % auf 80 % erhöht wurde. Auf europäischer Ebene ergaben sich zusätzliche Unklarheiten, auf die hier nicht näher eingegangen wird, z. B. wann die Abfalleigenschaft endet und wo die RQ bestimmt werden soll: vor oder nach dem endgültigen Recyclingprozess (i. d. R. Schmelzwerk)? Aufgrund der diversen offenen Fragen hat die TK Swico/SENS entschieden, die bisherigen Werte beizubehalten.

DIE RICHTUNG STIMMT

NACHHALTIG INNOVATIV –
SO GEHT'S WEITER.



Umgang mit Leuchtmittelbruch und ADR-konforme Gebinde

Roman Eppenberger

Das korrekte Recycling der quecksilberhaltigen Leuchtmittel bleibt weiterhin ein wichtiger Aspekt von SENS und SLRS. Neu kommt nun auch Leuchtmittelbruch dazu.

Die Rücknahmemengen der Leuchtmittel bleiben auch 2018 gesamthaft auf hohem Niveau konstant. Dabei ist eine leichte Verlagerung von stabförmigen auf nicht-stabförmige Leuchtmittel zu erkennen. Auch wenn in Neuinstallationen vermehrt LED eingebaut werden, gehen SENS eRecycling und SLRS davon aus, dass quecksilberhaltige Leuchtmittel noch über etliche Jahre in der heutigen Grössenordnung ins Recycling zurückgelangen. Ein markanter Rückgang der Rücknahmemenge ist also noch nicht zu erwarten. Das Recycling von quecksilberhaltigen Leuchtmitteln bleibt somit ein ökologisch wichtiger Bestandteil des Recyclings.

Ein Thema, dem lange Zeit wenig Beachtung geschenkt wurde, ist der Bruch von Leuchtmitteln, der sogenannte Leuchtmittelbruch. Die quecksilberhaltigen Leuchtmittel bestehen mehrheitlich aus Glas und sind dementsprechend bruchgefährdet. Was passiert mit den kaputten Lampen? Der Leuchtmittelbruch wird entweder gesammelt und an den LM-Recycler abgegeben oder in den Abfall – und somit in die Kehrrichtverbrennungsanlage (KVA) – gegeben. Bis heute gibt es keine einheitliche Lösung in der Schweiz.



Leuchtmittelbruch

Wir werden immer wieder darauf angesprochen, was mit Leuchtmittelbruch geschehen soll. SENS eRecycling und SLRS haben sich daher entschieden, für Leuchtmittelbruch eine einheitliche Regelung zu erstellen: Im Sinne einer ökologischen Gesamtbetrachtung erachten wir ein getrenntes Sammeln beim Entstehen des Leuchtmittelbruchs als die sinnvollste und beste Lösung. Auch wenn es sich um eine bescheidene Menge handelt (SENS eRecycling geht von weniger als 5 % der Gesamtmenge aus), soll diese nicht in der KVA landen: Leuchtmittelbruch soll rezykliert werden.

Konkret heisst das: Alle Sammelstellen werden mit einem Sammelgebilde für Leuchtmittelbruch ausgerüstet. Das Sammelgebilde ist ein 30-Liter-Gebinde mit Deckel. Hier gilt es, vor der Verteilung noch ein Problem zu lösen: Wegen des Unterdrucks im Sammelgebilde kann beim Abnehmen des Deckels das Leuchtpulver bzw. das gasförmige Quecksilber aufgewirbelt und das Bedienpersonal einer hohen Quecksilberbelastung ausgesetzt werden. SENS eRecycling hat mit der SUVA Kontakt aufgenommen, um entsprechende Lösungen zu erarbeiten. Der Ansatz besteht darin, dass der Deckel beim Schliessen nicht fest verschlossen, sondern nur auf das Gebinde gelegt wird, sodass eine kleine Öffnung freigelassen wird. Beim Öffnen darf der Deckel nicht abgehoben, sondern nur zur Seite geschoben werden. Mit dieser Lösung erwarten wir für das Personal keine Beeinträchtigung. Sobald die Abklärungen abgeschlossen sind und mit der SUVA eine einvernehmliche Lösung gefunden wurde, kann die Beschaffung der Gebinde beginnen und die Verteilung im Markt gestartet werden.

Anfang 2018 wurde mit dem Ausrollen der ADR-konformen Inliner für Rungenpaletten begonnen. Roman Eppenberger, seit Frühjahr 2018 verantwortlich für die Sammelstellen, ist regelmässig vor Ort und unterstützt die Sammelstellen mit Informationen und Instruktionen. Die Umsetzung ist noch nicht abgeschlossen, aber mehrheitlich im Gange. Vor allem bei kleineren Sammelstellen braucht es lange, bis eine Rungenpalette gefüllt ist und diese abgeholt werden kann. Erst dann kann mit einer leeren Rungenpalette und einem ADR-konformen Inliner begonnen werden. Für die Installation dieses Inliners gibt es auf den Websites von SENS eRecycling und SLRS ein Video.

An dieser Stelle soll nochmals klar darauf hingewiesen werden, dass der Abgeber des Materials für einen ADR-konformen Transport verantwortlich ist. Der Transporteur ist aber insofern mitverantwortlich, als es für ihn offensichtlich ist, dass eine Rungenpalette ohne Inliner nicht ADR-konform verpackt ist.



Rungenpalette mit Inliner



Rungenpalette ohne Inliner, rotes Kreuz

25 Jahre Auditor bei Swico und SENS: Patrick Wäger widmet sich neuen Aufgaben

Heinz Böni

Ein Mann der allerersten Stunde: Bereits im ersten Tätigkeitsbericht von Swico Recycling aus dem Jahr 1994 tauchte sein Name auf. Patrick Wäger war seit der Einführung der Swico Recyclinggarantie am 1. April 1994 als Auditor tätig. Auf den 31. März 2019 – genau 25 Jahre später - erfolgt nun sein offizieller Rücktritt.

Mit 3700 Jahrestonnen verarbeiteter Elektronikaltgeräte hat im Berichtsjahr 1994/1995 alles begonnen: 46 Konventionsunterzeichner sowie 12 lizenzierte Recyclingbetriebe verzeichnete Swico beim Start des Recyclingsystems. Die Empa wurde von Beginn weg mit dem Mandat betraut, als unabhängige Stelle die Recycling- und Zerlegebetriebe zu auditieren. Das Auditteam unter der Leitung von Kurt Münger bestand aus 7 Personen, darunter auch Patrick Wäger.

Von der Pionierphase zur europäischen Norm

Wie kaum ein anderer verkörpert Patrick die Entwicklung der Auditstätigkeiten für Swico und später auch für SENS: Von der Pionierphase, in der im Auftrag von Swico ein Auditierungssystem einschliesslich der Verarbeitungsvorschriften für Elektronikaltgeräte von Grund auf neu entwickelt werden musste, über die Ausdehnung des Geltungsbereichs u. a. auf Unterhaltungselektronik sowie die verstärkte Zusammenarbeit mit SENS auf Stufe Kontrolltätigkeit bis hin zur Entwicklung der Normenserie SN EN 50 625 zum neuen Standard zur Beurteilung der Aktivitäten der Recyclingbetriebe: Er hat als Auditor alles aus nächster Nähe miterlebt. In den 25 Jahren der

Zusammenarbeit durfte er mit Geschäftsführerinnen und Geschäftsführern von SENS (Robbie Hediger, Corina Schneider, Patrick Lampert und Heidi Luck) und Swico (Jakob Hildebrand, Peter Bornand, Paul Brändli, Jean-Marc Hensch), aber auch mit mit mehr als 20 in dieser Zeit aktiven Auditorinnen und Auditoren von SENS und Swico zusammenarbeiten.

Rekordverdächtige Anzahl Audits

In seiner Zeit als Mitglied und zeitweise stellvertretender Leiter des Auditteams der Empa hat Patrick wohl an die 150 Audits durchgeführt, viele davon als leitender Auditor, zusammen mit Auditorinnen und Auditoren von SENS oder Swico. Seine Auditstätigkeiten führten ihn – wohlgemerkt mit der Bahn – kreuz und quer durch die Schweiz und verschafften ihm Einblicke in zahlreiche Recycling- und Zerlegebetriebe. Die Liste der von ihm auditierten Recyclingbetriebe liest sich entsprechend auch wie ein «Who is Who» der schweizerischen Elektro- und Elektronikrecyclingsszene der letzten 25 Jahre, darunter auch solche, die es heute in der Form gar nicht mehr gibt, wie z. B. Compaq, Drisa oder UGE.



Patrick Wäger
Leiter Abteilung Technologie
und Gesellschaft, Empa

«Von Anfang an bei diesem wegweisenden Projekt dabei gewesen zu sein und zusammen mit den daran beteiligten Akteuren an der Erfolgsgeschichte der schweizerischen Rücknahmesysteme für Elektro- und Elektronikaltgeräte mitgeschrieben zu haben, war ein Privileg und erfüllt mich mit Freude und wohl auch ein bisschen Stolz. Ich werde immer gerne an diese ausserordentlich spannende, lehrreiche Zeit und die Menschen, mit denen ich diesen Weg gehen durfte, zurückdenken!»

Forschung als Rückgrat

Aufgrund seiner sehr guten Französischkenntnisse (Patrick hatte Kindheit und Jugend als «Auslandschweizer» u. a. in Frankreich verbracht) verlagerte sich der Schwerpunkt seiner Audittätigkeiten bald in die Westschweiz. Regelmässig führten ihn Audits von Folgebehandlern der schweizerischen Recyclingbetriebe auch nach Deutschland, Frankreich, Holland oder Österreich. Neben seiner Audittätigkeit war Patrick in seiner Funktion als Mitglied des Auditteams der Empa auch immer wieder an Projekten zur Weiterentwicklung der Rücknahmesysteme für Elektro- und Elektronikaltgeräten von SENS und Swico Recycling beteiligt. So leitete er etwa im Auftrag des WEEE-Forums und mit der Unterstützung von SENS und Swico Recycling eine europäische Studie zur Bestimmung bromierter Flammschutzmittel in Kunststoffen aus der Verarbeitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten. Dies gipfelte in einer Publikation in der renommierten Zeitschrift *Environmental Science & Technology*, die 2012 als «Best Policy Analysis Paper 2011» ausgezeichnet wurde.

Berufung zum Abteilungsleiter

Mit seiner Berufung zum Leiter der Abteilung Technologie und Gesellschaft der Empa im Mai 2016 hat Patrick neue Aufgaben übernommen, aufgrund derer er sein Engagement im Auditteam der Empa stark einschränken musste. Auf eigenen Wunsch verlässt er das Auditteam offiziell per 31. März 2019. Wir danken ihm für 25 Jahre unermüdlichen Einsatz für die Anliegen von SENS und Swico Recycling und wünschen ihm alles Gute für die Zukunft!

Neue Technologien verlangen verstärkte Öffentlichkeitsarbeit

Roman Eppenberger

Photovoltaik-Recycling ist ein europaweites Thema. Die Rücknahmemengen sind zwar noch gering, aber das Potenzial ist riesig.

Die Rücknahmemengen an Photovoltaik (PV) sind noch sehr gering. Die installierte Menge pro Jahr ist viel höher. Positiv gedeutet weist das auf eine lange Lebensdauer der installierten PV-Module hin. Die Rücknahmemenge ist 2018 sogar geringer als 2017, weil damals ein Rückruf eines Herstellers die Menge vergrössert hatte. Die Rücknahmemenge wächst zwar, aber sehr moderat.

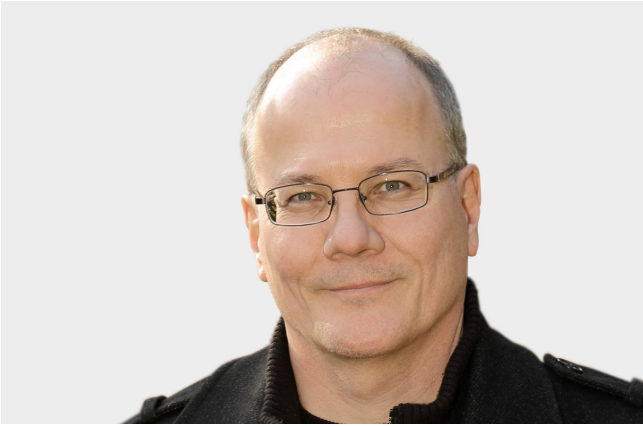
Das Thema PV ist aber durchaus von öffentlichem Interesse: Die Umwelt Arena in Spreitenbach hat den erneuerbaren Energien – und damit auch der PV – einen eigenen Bereich gewidmet. Das Führungspersonal der Umwelt Arena wird

immer wieder gefragt, ob PV-Module überhaupt rezykliert werden, bzw. hört, dass PV-Module eben nicht rezykliert würden. Die Umweltarena hat sich deswegen mit SENS eRecycling in Verbindung gesetzt, um eine Ausstellung zum Thema PV-Recycling aufzubauen und die Öffentlichkeit korrekt zu informieren. Geworden sind es schliesslich 2:

Im Ausstellungsbereich Recyclingcity wurde eine Kugelbahn installiert, die spielerisch das Recycling der PV-Module in die einzelnen Fraktionen Metall, Glas und Kunststoff vermittelt. Ein Ausstellungsobjekt für jedermann, welches gemäss Aussage der Umwelt Arena rege benutzt wird.



Ausstellung OG2



Max Chopard-Acklin
Projektleiter Ausstellungen,
Umwelt Arena Schweiz

Statement zu den PV-Recyclingausstellungen,
Stiftung SENS

«Die interessant gestalteten Ausstellungen der Stiftung SENS zum Thema Photovoltaik-Recycling kommen bei den Besuchenden der Umwelt Arena gut an. Sie zeigen auf gut verständliche Art, aus welchen Bestandteilen PV-Module bestehen und dass der Grossteil der verwendeten Materialien durch den Recyclingprozess in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden kann.»

Die zweite Ausstellung befindet sich bei den erneuerbaren Energien im obersten Stock. Bei Führungen über erneuerbare Energien und somit natürlich auch über PV werde immer auch nach dem Recycling gefragt. Beim Abgang ins Treppenhaus positioniert, kann das Thema Recycling von PV-Modulen gut in die Führung integriert werden. In wenigen Sätzen kann dem Publikum ein Überblick über die entstehenden Fraktionen gegeben werden.

Eine Frage, die immer wieder aufkommt: Wo werden PV-Module rezykliert? Die Antwort lautet: Wie alles andere Flachglas gehen PV-Module in den EU-Raum und werden dort aufgearbeitet. So lässt SENS eRecycling die PV-Module in Deutschland aufarbeiten. Es gibt in der Schweiz keinen Flachglas-Recycler.

Wieso lohnt sich denn das nicht?

Das hat vor allem ökonomische Gründe: Glas ist ein Material, das nur wenig Wert hat. Die Metallanteile an einem PV-Modul sinken stetig und die Kunststoffverwertung ist aus ökonomischer Sicht nur mit Kosten verbunden. Bis anhin hat sich noch kein Recycler damit befasst. SENS eRecycling ist gespannt, ob sich die Schweizer Recyclingindustrie diesem Thema annehmen wird.



Ausstellung EG



Kontrollierte Rückgewinnung klimawirksamer Gase aus Kühlgeräten

Gerri Hug und Niklaus Renner

Die Anzahl der in die Rückproduktion gelangten Kühlgeräte ist 2018 um 6 % gestiegen. So wurden auf den 3 grössten Schweizer Anlagen rund 370 000 Geräte verarbeitet. Der Trend hin zu immer höheren Anteilen an umweltfreundlichen VHC (volatile hydrocarbons)-Geräten hat im vergangenen Jahr praktisch stagniert: So wurden 65 % der Geräte mit VHC-Kompressoren und 70 % mit einer VHC-geschäumten Isolation in den Stoffkreislauf zurückgeführt. Die mit Ammoniak betriebenen Absorbergeräte sind mit einem aktuellem Anteil von 2,5% seit Jahren rückläufig. Die umweltschädigenden Substanzen aus dem Kühlgeräterücklauf wurden aufwendig zurückgewonnen und kontrolliert zerstört.

Relevanz der Behandlung von Kühlgeräten

Die gemäss den Technischen Vorschriften Swico/SENS als auch den CENELEC Standards¹ zu erreichende Rückgewinnungsquote von 90 % sowohl bei den Kälte- als auch bei den Treibmitteln ist in zweierlei Hinsicht bedeutsam: Einerseits gilt es, die in Kompressoren und PU-Isolationsschäumen enthaltenen VFC (volatile fluorinated carbons) aus Gründen ihrer ozon-schichtschädigenden Wirkung dem Recycling zu entziehen und kontrolliert zu zerstören. Gleichzeitig verfügen diese Substanzen über ein Treibhauspotenzial, welches jenes von CO₂ um das ca. Tausend- bis über Zehntausendfache übersteigt. Auch aus diesem Grund ist die Rückgewinnung und anschliessende Hochtemperaturverbrennung der Kälte- und Treibmittel und ihre Verwandlung in weit weniger klimawirksames CO₂ sowie in Wasser und Säuren bzw. Salze ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz.

So betrug die Menge des durch das Kühlgeräte-recycling eingesparten Treibhausgases 2018 über 300 000 Tonnen CO₂-Äquivalente. Eine solche Menge Kohlendioxid entspricht dem Ausstoss moderner Personenwagen auf einer Strecke von insgesamt 2,3 Milliarden Kilometern!

Hohe Anteile an VHC-Kompressoren und VHC-Isolationsschäumen

Der seit 2003 beobachtbare Rückgang des Anteils VFC-betriebener Kompressoren und die simultan dazu erfolgende Erhöhung des Anteils der in die Verwertung gelangenden VHC-Kompressoren schritt lange Zeit linear voran. Seit 2013 hat sich der Trend enorm beschleunigt: Waren im Erhebungsjahr 2012 noch 60 % der in die Verwertung gelangenden Kältesysteme vom VFC-Typ, waren es 2015 gerade noch 41 % und 2017 33 %. Dieser Anteil blieb 2018 unverändert. Analog stieg der Anteil der VHC-Kompressoren beständig und betrug 2018 64,5 %. Der Anteil Ammoniak-haltiger Absorbersysteme ging von 3 % auf 2,5 % leicht zurück.

Die im Trend mehr oder weniger parallel zu den Kompressoren abwärts zeigende Kurve bei den VFC-haltigen Isolationsschäumen der Gerätegehäuse erfuhr im vergangenen Jahr ebenfalls eine «Abplattung»: Der Anteil betrug 2018 31 %. Der Anteil der Gerätegehäuse mit VHC-Isolation machte knapp 70 % aus. Die Zahlen sind im Vergleich zum Vorjahr ebenfalls praktisch unverändert (vgl. Abb. 1).

¹ CENELEC Standard SN EN 50625-2-3 und den technischen Spezifikationen 50625-3-4

Rückläufige Rückgewinnungsmengen

Die pro Gerät zurückgewonnene Kältemittelmengen sank von 70 g (2017) auf 57 g in der aktuellen Reportingperiode, das Kompressoröl von 168 g auf nunmehr 138 g. Die Reduktion entspricht rund 18 %. Bei den Treibmitteln sanken die Mengen im gleichen Zeitraum von 39 auf 37 g/kg PU-Schaum (-5 %), vgl. Abb. 2. Diese rückläufigen Rückgewinnungsmengen sind nicht konsistent mit den konstanten Verhältnisanteilen von VFC- und VHC-Geräten. Höhere Anteile der VHC-Geräte hätten die Abnahmen bei den Kältemittel- bzw. Treib-

mittelmengen erklärt, da deren Einfüllmengen bzw. Konzentrationen im PU-Schaum deutlich niedriger sind als bei den VFC-Geräten. Da bei den Verhältnissen jedoch eine Stagnation festgestellt wurde, kann der Widerspruch nicht schlüssig erklärt werden. Vermeintliche Gründe wie eine teilweise falsche Erfassung der Geräteklasse können nicht angeführt werden, da die Rückgewinnungsmengen sich auf die Gesamtzahl der behandelten Geräte beziehen. Es bleibt abzuwarten, wie die Zahlen sich Laufe des Jahres von 2019 entwickeln werden.

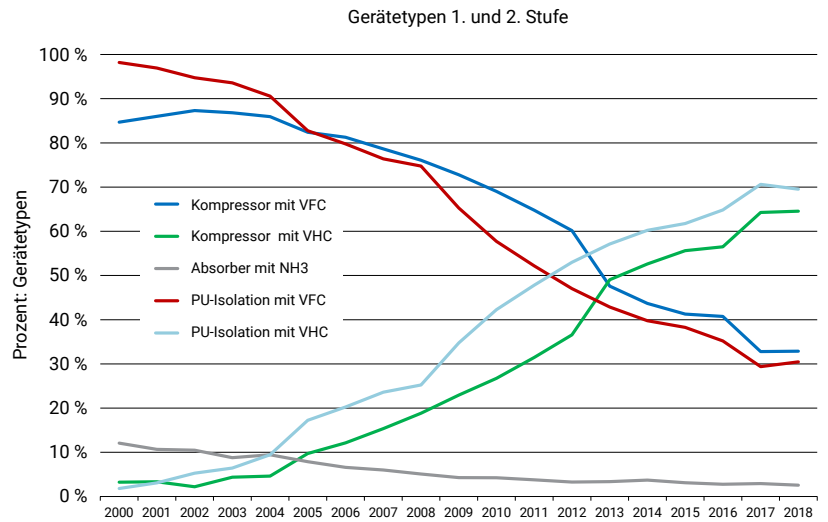


Abbildung 1: Anteile der jeweiligen Kühlgerätetypen in den Behandlungsstufen 1 und 2 (Prozent)



Blick in eine Behandlungsanlage für Kühlgeräte

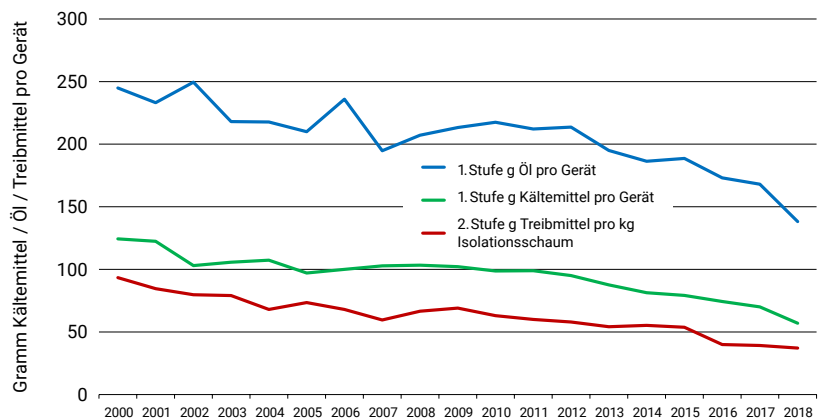


Abbildung 2: Kältemittel-/Kompressoröl-/Treibmittel-Rückgewinnung (Gramm pro Gerät)





Anahide Bondolfi
TK SENS, Abeco GmbH

Anahide Bondolfi schloss ihren Bachelor in Biologie sowie einen Master in Umweltnaturwissenschaften an der Universität Lausanne ab. Ihre Tätigkeit im Bereich Elektronikschrott begann sie 2006 während ihrer Masterarbeit in Südafrika, in

Zusammenarbeit mit der Empa. Danach arbeitete sie fast 10 Jahre lang als Umweltberaterin und Projektmanagerin in 2 Schweizer Umweltberatungsfirmen, zuerst bei LeBird in Prilly und dann bei Sofies in Genf. Im Januar 2017 gründete sie die Abeco Sàrl. Seit 2015 ist sie Mitglied der Technischen Kommission von Swico/SENS. Sie führt beinahe die Hälfte aller Audits der Zerlegebetriebe von Swico und SENS durch. Seit 2016 auditiert Anahide Bondolfi auch mehrere SENS Recycler und Sammelstellen.



Heinz Böni
Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

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 Kontrollexperte von Swico.



Flora Conte
TK SENS, Carbotech AG

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. Sie ist nicht nur als Umweltberaterin tätig, sondern engagiert sich auch im Aufbau und in der Leitung von Kleinunternehmen im Ausland und in der Schweiz.



Roman Eppenberger
Leiter Technische Kontrolle SENS, Leiter Technologie und Qualität bei SENS

Roman Eppenberger schloss sein Studium als Dipl. El.-Ing. an der ETH Zürich ab. Berufsbegleitend absolvierte er das Nachdiplomstudium Executive MBA an der Fachhoch-

schule 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 verantwortet den Bereich Technologie und Qualität. In dieser Funktion koordiniert er zusammen mit Heinz Böni die TK SENS/Swico.



Michael Gasser
Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Michael Gasser schloss seinen Master in Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich ab. Er arbeitet seit 2014 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologie und Gesellschaft an der Empa,

wo er verschiedene Projekte im Bereich Recycling unterstützt und leitet. Seine Expertise umfasst insbesondere den Aufbau und die Überwachung von Recyclingsystemen in der Schweiz und in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie die Verwertung von Kunststoffen. Er ist seit 2017 Teil der TK SENS/Swico. Er erfasst die jährlichen Stoffflüsse und auditiert Swico Recycler seit 2018.



Roger Gnos
Technische Kontrolle, Gefahrgutbeauftragter Swico und TK-Mitglied

Roger Gnos ist seit 1991 im Recycling verwurzelt und erlebte und gestaltete die Entwicklung im Elektroaltgeräte-Recycling tatkräftig mit. Fast 20 Jahre war er als Betriebsleiter in einem E-Waste

verarbeitenden Betrieb tätig. Seit rund 8 Jahren ist er bei Swico Recycling für die Beratung der Sammelstellen und als Gefahrgutbeauftragter tätig. Ihn fasziniert die Technik, aber auch die Menschen, welche hinter dem Recycling stehen.



Arthur Haarman
Swico Konformitätsbewertungs-
stelle SN EN 50625, Empa

Arthur Haarman schloss seinen Master in Industrieller Ökologie an der Technischen Universität Delft und der Universität Leiden ab. Er arbeitet seit 2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der

Empa in der Abteilung Technologie und Gesellschaft. Seine Expertise umfasst die Entwicklung quantitativer Instrumente wie Materialflussanalyse und Ökobilanzierung zur Optimierung von (elektronischen) Abfallwirtschaftssystemen sowie die Konzeption und Bewertung von Abfallprobenahme- und Testkampagnen. Er ist Teil der TK SENS/Swico und auditiert seit 2017 Swico Recycler.



Daniel Savi
TK SENS, Büro für Umweltchemie

Sein Diplom als Umweltnaturwissenschaftler erhielt Daniel Savi an der ETH Zürich. Nach dem Studium war er bei SENS als Leiter des Bereichs Sammelstellen und darauf als Leiter Qualitätssicherung tätig. Nach 7 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.



Dr. Geri Hug
TK SENS, IPSO ECO AG

Nach dem Chemiestudium mit 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 bis 2016 auch Geschäftsführer der IPSO ECO AG. Er betätigte sich als Umweltberater in diversen Branchen, begleitete Umweltaudits und erstellte Umweltverträglichkeitsberichte gemäss UVPV. Weiter erstellte Geri Hug Kurzberichte und Risikoermittlungen nach StFV sowie Betriebs- und Produktökobilanzen und validierte Umweltberichte. Geri Hug war Kontrollbeauftragter für SENS eRecycling für den Bereich Elektro- und Elektronikgeräteentsorgung und war Lead-Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001 bei der SGS. Er war Mitglied der CENELEC Arbeitsgruppe für die Entwicklung von Standards zum umweltgerechten Recycling von Kühlgeräten. Seit März 2019 steht er der TK SENS/Swico noch für Projektarbeiten zur Verfügung.



Rolf Widmer
Swico Konformitätsbewertungs-
stelle SN EN 50625, Empa

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 dort mehrere Jahre am

Institut für Quantenelektronik an neuen Herstellungsprozessen für Halbleiterbauelemente. Heute arbeitet er am Technology & Society Lab der Empa, des Materialforschungsinstituts des ETH Bereichs. Zurzeit leitet Rolf Widmer etliche Projekte im Bereich des Elektroschrott-Managements und forscht in diesem Zusammenhang an geschlossenen Materialkreisläufen, z. B. für seltene Metalle oder problematische Kunststoffe und Gläser. Dabei umfasst E-Schrott zunehmend auch eingebettete E-Geräte für die Elektromobilität, Energiesysteme und Bauten. Er ist langjähriges Mitglied der TK Swico.



Niklaus Renner
TK SENS, IPSO ECO AG

Niklaus Renner studierte Umweltwissenschaften an der ETH Zürich. Seit 2007 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der IPSO ECO AG in Rothenburg (ehemals 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 Leuchtmitteilverarbeitung beteiligt. Daneben widmet er sich dem Monitoring des Umweltrechts, der Pflege des Legal-Compliance-Tools LCS sowie altlasten- und bodenschutzrechtlicher Gutachtertätigkeit.

Internationale Links

➤ www.weee-forum.org

Das WEEE-Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) ist der europäische Verband von 36 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. 3 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 19 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/care

Die Forschungsstelle des ETH-Bereichs für Materialwissenschaften und Technologie, Empa, ist seit Beginn der Recyclingaktivitäten von Swico im Jahre 1994 mit der Auditierung der Recyclingpartner beauftragt – als Konformitätsbewertungsstelle der Swico Recyclingpartner. Zuständig ist die Gruppe «CARE – Kritische Materialien und Ressourceneffizienz» unter der Leitung von Heinz Böni

➤ 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 Auser rhoden 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 (ZEBA) unter ➤ www.zebazug.ch.

Kontakte**Swico**

Josefstrasse 218
 8005 Zürich
 Telefon +41 44 446 90 94
 ✉ info@swicorecycling.ch
 ↗ www.swicorecycling.ch

Stiftung SENS

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

Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)

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

**Swico Konformitätsbewertungsstelle
EN SN 50625 Serie**

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

Technische Kontrollstelle Swico

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

Impressum**Herausgeberin**

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

Der Fachbericht erscheint auf Deutsch, Englisch und Französisch und ist unter ↗ www.eRecycling.ch, ↗ www.swicorecycling.ch und ↗ www.slrs.ch als Online-Publikation sowie als PDF downloadbar.

Konzept, Grafik:

Lovey Wymann und Andreas Seiler, Swico
 ↗ [Tabea Guhl](#), ↗ [Thomas Schicker](#)

© 2019 Swico, SENS, SLRS

Teilen (auch auszugsweise) ausdrücklich erwünscht mit Quellenangabe und Belegexemplar an Swico, SENS, SLRS

Fachbericht
2019

Swico, SENS und SLRS
Aktuelles zum Elektro-
und Elektronik-Recycling

ALLES HAT

KEIN ENDE

UNSERE STÄRKEN LIEGEN IM KREISLAUF

→ [Anfang](#)