



# Fachbericht 2018

<b>01</b>	Vorwort	5
<b>02</b>	Porträt Recyclingsysteme	6
<b>03</b>	Technische Kommission	8
<b>04</b>	CENELEC-Normenreihe EN 50625 (SN EN 50625)	10
<b>05</b>	Mengen – SENS/Swico/SLRS	12
<b>06</b>	Kühlgeräte	16
<b>07</b>	Recycling- und Verwertungsleistung	20
<b>08</b>	Kunststoffrecycling aus Elektroaltgeräten (EAG)	24
<b>09</b>	Elektroschrottreycling in Entwicklungsländern	28
<b>10</b>	Leuchtmittel	32
<b>11</b>	Würdigungen	34
<b>12</b>	Autoren	36
<b>13</b>	Links	38
<b>14</b>	Kontakt und Impressum	39

## Qualität statt Quantität – Früher oder später

Dass es in unserer Branche nie langweilig wird, wissen wir alle. 2017 hatte aber einige Höhepunkte zu bieten, die für eine Extraportion Spannung sorgten – Kunststoffrecycling, CENELEC und ADR-Konformität sind nur drei Begriffe, die uns dabei täglich herausforderten. Mehr dazu in diesem Fachbericht. Besonders hervorheben möchten wir dieses Jahr aber eine Anforderung an unsere Branche, welche uns seit Jahren begleitet, deren Anspruch stetig steigt und über die wir dennoch nicht müde werden zu sprechen: die Anforderung an die Qualität.

Sie alle wissen: Herr und Frau Schweizer sind gute Entsorger – jedenfalls was die Mengen angeht. Mit 16 Kilogramm Elektroschrott pro Person und Jahr gehören wir weltweit zu den Spitzenreitern – zumindest in Bezug auf die Quantität. Was die hohen Sammelquoten aber ausblenden, ist die Frage nach der Qualität des gesammelten Materials. Wie stellen wir von SENS eRecycling, Swico und Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) sicher, dass die fachkundige Verarbeitung des Elektroschrotts, für welche wir mit unseren Organisationen eintreten, auch wirklich eingehalten wird? Über das Tempo der Einführung der Standards des Europäischen Komitees für elektrotechnische Normung (CENELEC) scheiden sich die Geister. Bei einem Punkt sind wir aber alle gleicher Meinung: Der CENELEC-Standard wird kommen und ist unser aller gemeinsames Ziel – früher oder später.

Das Herzstück unseres eRecycling-Kreislaufs – und auch dies soll hier einmal mehr fett gedruckt und doppelt unterstrichen werden – ist die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit unseren Entsorgungspartnern. Eine sorgfältige Auswahl von Sammelstellen, Zerlegebetrieben und Recyclern macht diesen hohen Qualitätsanspruch überhaupt erst realistisch. Denn nur mit kompetenten und zuverlässigen Partnern können wir die konsequente Separatsammlung, die saubere Trennung von lithiumionenhaltigen Geräten, den effizienten Transport und die fachgerechte Verarbeitung in der Schweiz kontrollieren und garantieren. Der hohe Qualitätsanspruch wird von den

drei Systemen in der gemeinsamen technischen Kommission (TK) regelmässig überprüft, diskutiert und ständig verbessert, um zu einer möglichst hohen Verarbeitungsqualität zu kommen und die Schadstoffe konsequent auszuschliessen. Sie kennen ja den hartnäckigen Mythos, dass unser Elektroschrott sowieso nach Afrika verschifft und dort verarbeitet wird? Sogenannte «Fake News», die wir mit Transparenz und Professionalität in unserer Zusammenarbeit gleich im Keim ersticken können.

Dass Quantität nicht gleich Qualität ist, wissen wir alle. Was aber unser oberstes Ziel sein muss, ist die Rückgewinnung möglichst vieler, möglichst guter Rohstoffe. Die ambitionierten Ziele und visionären Projekte in diesem Fachbericht zeigen, dass wir alle hierfür unser Bestes tun und auf einem guten Weg sind.



Jean-Marc Hensch  
Swico

Heidi Luck  
SENS

Silvia Schaller  
SLRS

# Stiftung SENS, Swico und SLRS

## Kompetent und nachhaltig

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

In der Schweiz existieren drei Rücknahmesysteme im Bereich Elektro- und Elektronikgeräte. Die Aufteilung auf drei Systeme hat historische Gründe, da in den Anfangsjahren des institutionalisierten Recyclings branchenspezifische Systeme aufgebaut wurden. Diese 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 SENS, Swico oder die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) für die Rücknahme zuständig.

Im Jahr 2017 wurden von den drei Systemen rund 122 800 Tonnen<sup>1</sup> ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit haben SENS eRecycling, Swico und SLRS auch bedeutend dazu beigetragen, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten. Mit der internationalen Vernetzung der drei Organisationen auf europäischer Ebene – beispielsweise als Mitglieder des WEEE-Forums (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) – helfen sie mit, auch grenzüberschreitend Massstäbe beim Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten zu setzen.

Die Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) verpflichtet Händler, Hersteller und Importeure, Geräte, die sie im Sortiment führen, 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 SENS, Swico und SLRS der fachgerechten Bearbeitung ihres jeweiligen Gerätebereichs annehmen sowie den Herausforderungen der Zukunft stellen können.

### 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.

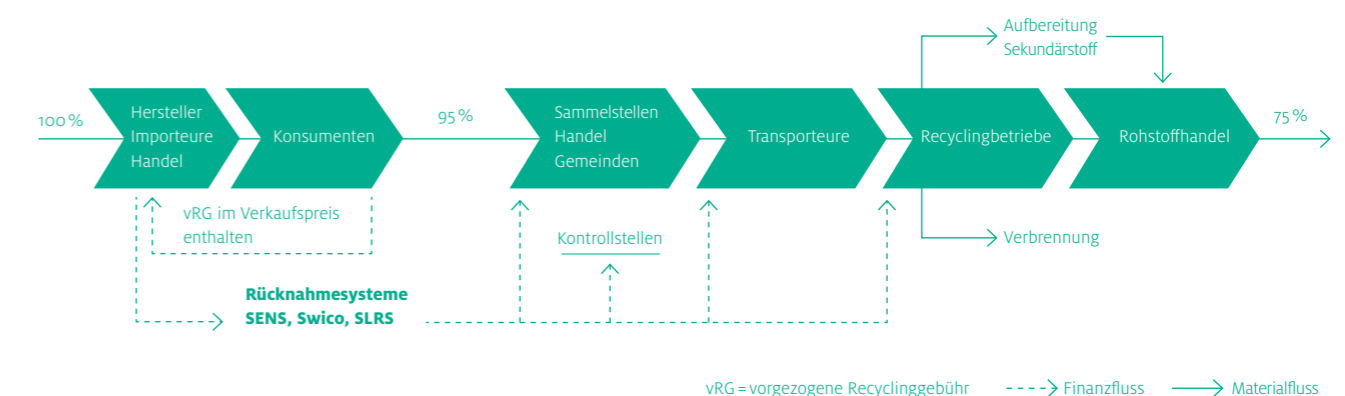
### Swico

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 wie 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.

### 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.

Abbildung 1: Die Rücknahmesysteme im Überblick.



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



# Recyclingquoten und Kondensatoren

Roman Eppenberger und Heinz Böni

Nach dem Entscheid der Systeme SENS eRecycling und Swico, die Auditierung nach zwei verschiedenen technischen Grundlagen durchzuführen (siehe Fachbericht 2017), fokussierten sich die TK SENS/Swico im Jahr 2017 auf wichtige technische Fragen.

Aufgrund der tiefen Rohstoffpreise ist die wirtschaftliche Situation angespannt und die Lage vieler Recyclingbetriebe schwieriger geworden. Damit SENS eRecycling und Swico weiterhin eine hohe Verarbeitungsqualität gewährleisten können, wurde erstmals neben den jährlichen, angekündigten Überwachungsaudits zusätzlich stichprobenartig ein Spontanaudit durchgeführt. Dieses zeigte, dass auch die ausserhalb der eintägigen Audits gelebte Praxis den Anforderungen genügt. Weitere Spontanaudits sind 2018 vorgesehen. Sie stärken das Vertrauen in die auditierten Partner.

## Vertiefung von technischen Themen

Nach der erfolgreichen Einführung der Auditprotokollierung nach der CENELEC-Normenreihe EN 50625 (SN EN 50625) wird jetzt die Anpassung des Auditorenhandbuchs angegangen. Im Jahr 2018 wird das Dokument überarbeitet und anschliessend auch den Recyclingbetrieben und weiteren Interessierten zugänglich gemacht. Es ist zentral, dass die Auditierungen durch die Auditoren auf den gleichen Anwendungsbestimmungen der CENELEC-Norm beruhen. Andererseits sollten die auditierten Betriebe wissen, wie sie sich auf das Audit vorbereiten müssen und wie die Bestimmungen im Betrieb überprüft werden. Die Berechnung der Recycling- und Verwertungsquoten ist immer wieder ein kontroverses Diskussionsthema. Nicht nur in der Schweiz, sondern auch in der EU. Dass in gewissen europäischen Ländern die Recyclingquoten bei über 100% liegen, weist schon daraufhin, dass nicht nur die Sprachen in Europa unterschiedlich sind, sondern, dass man hier nicht vom Gleichen spricht. Die TK SENS/Swico hat sich im vergangenen Jahr daran gemacht, dieses Thema in einer Arbeitsgruppe zu bearbeiten und mit den Anforderungen der Normenreihe EN 50625 abzugleichen (siehe Artikel von Rolf Widmer und Heinz Böni).

Mit der Abnahme der PCB-haltigen Kondensatoren in den Elektroaltgeräten sind die Systeme vermehrt mit der Forderung von Recyclern konfrontiert, auf die Entfrachtung von Kondensatoren zu verzichten. Da die SN EN 50625 die Entfrachtung von PCB-haltigen Kondensatoren und von Elektrolytkondensatoren, «die bedenkliche Stoffe enthalten» (Höhe > 25 mm; Durchmesser > 25 mm oder proportional ähnliches Volumen) fordert, haben SENS eRecycling und Swico ein Projekt gestartet, um zu klären, ob noch PCB-haltige Kondensatoren in Elektroaltgeräten vorhanden sind und ob Elektrolytkondensatoren bedenkliche Stoffe enthalten. Das Projekt wird im Laufe von 2018 abgeschlossen, die Resultate sollen im Fachbericht 2019 dargelegt werden. Sie dürften auch für andere Länder von grossem Interesse sein, da weitgehend unklar ist, ob überhaupt und wenn ja, welche bedenklichen Stoffe in Elektrolytkondensatoren vorhanden sind.

## Technische Kommissionen

Die TK hatten 2017 verschiedene personelle Änderungen. Wegen des überraschenden und tragischen Todesfalls von Emil Franov (siehe separate Würdigung) ist Niklaus Renner von der IPSO ECO AG ins Auditorenteam von SENS eRecycling aufgenommen worden. Mit Niklaus Renner kommt ein Fachmann ins Team, der unseren langjährigen Auditor und Kühlgerätespezialisten Geri Hug schon seit geraumer Zeit im Hintergrund unterstützt. Damit soll sichergestellt werden, dass die hohe fachliche Kompetenz im Kühlgeräterecycling von Geri Hug in der TK auch nach dessen Pensionierung erhalten bleibt. Das Auditorenteam von Swico wird um zwei erfahrene Kunststoffexperten erweitert. Michael Gasser übernimmt die Aufgaben von Esther Thiébaud, und Arthur Haarman kommt ins Team für Patrick Wäger, der in der Empa eine leitende Funktion übernommen hat.





## Swico-Zertifikate für CENELEC-konforme Recyclingpartner

Heinz Böni

Seit Januar 2014 ist die schweizerische Norm EN 50625-1:2014, welche von CENELEC herausgegeben und in der Schweiz von Electrosuisse als Schweizer Norm veröffentlicht wurde, in Kraft. Nach einer zweijährigen Pilotphase von 2015 bis 2016 ist die Einhaltung der Normenserie bei den Swico Recyclern seit 1. Januar 2017 vertraglich festgeschrieben. Wo stehen die Recycler ein Jahr nach der Einführung?

In den letzten Jahren ist die SN EN 50625 Normenfamilie gewachsen und mit zusätzlichen Normen und technischen Spezifikationen erweitert worden, sodass das Normenwerk inzwischen praktisch vollständig vorliegt. SENS eRecycling hat nach der Pilotphase vorerst auf eine Einführung verzichtet. Sie richtet sich weiterhin nach den technischen Vorschriften von Swico und SENS von 2012, welche 2012 vom Bundesamt für Umwelt zum Stand der Technik erklärt wurden. Die Audits der Recycler der beiden Systeme werden jedoch weiterhin gemeinsam durchgeführt.

### Zwischenbilanz

Ein Jahr nach der Einführung kann eine erste positive Zwischenbilanz gezogen werden. Die Swico-Recycler haben die teilweise umfangreicheren und inhaltlich enger gefassten Anforderungen weitgehend umgesetzt. Dies ist angesichts stagnierender oder gar sinkender Metallpreise und des dadurch entstehenden Kostendrucks in der Verarbeitung nicht selbstverständlich. Das Halten einer hohen Recyclingqualität bei gleichzeitiger Sicherstellung einer vorschriftsgemässen Schadstoffentfrachtung stellt die Recyclingbetriebe vor grosse Herausforderungen. Hinzu kommen zusätzliche Anforderungen bei der Sammellogistik aufgrund von Gefahren, welche von Geräten mit Lithiumbatterien ausgehen. Aufgrund des steigenden Gefahrenpotenzials stellte Swico bereits im Jahre 2016 die Sammlung der Geräte von Containern auf Paletten und Rahmen um. Der Umgang mit schadstoffhaltigen Swico-Geräten, insbesondere auch die Frage, unter welchen Voraussetzungen ein Containertransport noch möglich ist, wurde im Merkblatt zum «Umgang mit schadstoffhaltigen Swico EAG»,

basierend auf EN 50625 Serie, präzisiert. Dieses Merkblatt gibt gleichzeitig vor, welche schadstoffhaltigen Komponenten vor einer mechanischen Zerkleinerung aus den Geräten zu entnehmen sind. Diese in der Norm als Kategorie 1 bezeichneten Komponenten umfassen unter anderem quecksilberhaltige Bauteile, Lampen, asbesthaltige Teile, Tonerkartuschen, Flüssigkristallanzeigen und PCB-haltige Kondensatoren. In dieser Frage sind bei einzelnen Recyclingbetrieben noch Anstrengungen notwendig.

### Ausblick

Ein Bereich, welcher im Jahr 2018 verstärkt eingefordert werden soll, ist die Einhaltung der in den CENELEC-Normen festgeschriebenen Dokumentationspflichten. Diese betreffen insbesondere detaillierte Angaben und Nachweise der beim Recycling erzeugten Fraktionen (Mengen und Zusammensetzung), Angaben zur nachfolgenden Behandlung (Folgeempfänger, Behandlungstechnologien) und Nachweise zur erfolgten Schadstoffentfrachtung. Erfolgte die Schadstoffentfrachtung noch nicht beim Swico- oder SENS-Recycler, muss die Dokumentation der nachfolgenden Behandlung dies nachweisen. Diese Angaben gehen einher mit der detaillierteren Erfassung der Resultate aus Swico-Batchversuchen und der auf 2020 geplanten Einführung der stärker aufgeschlüsselten Stoffflusserfassung.

Mit dem ab Sommer 2018 vorliegenden CENELEC-Handbuch, welches als Grundlage der jährlichen Audits allen Beteiligten zur Verfügung stehen wird, werden die CENELEC-Bestimmungen präzisiert und deren Umsetzung in der Schweiz auf



Foto 1: Erteilung der Zertifikate nach der Schweizer Norm SN EN 50625 durch Swico an sechs Recyclingpartner am 23. April 2018. Von links nach rechts: Jean-Marc Hensch (Geschäftsführer Swico), Robert Grill (Immark AG), Markus Stengele (Solenthaler Recycling AG), Monica Cum Nicas-tro (Roadstar Recycling SA), Urs Gerig (RUAG Environment AG), Sebastián Piguet (Consortium Cablofer Recycling SA/le Bird Sàrl), Sacha Moser (Bühlmann Recycling AG) und Heinz Böni (Empa, Leiter Technische Kontrollstelle Swico).

einen einheitlichen und praktikablen Stand gebracht. Das Handbuch, welches 2018 in Zusammenarbeit mit der TK SENS erstellt wird, wird sich an der Vollzugshilfe zum Stand der Technik der revidierten CENELEC-Bestimmungen VREG orientieren, welche im Laufe 2018 erarbeitet wird.

Sechs Swico Recycler, welche eine mechanische Erstverarbeitung durchführen und welche im Jahr 2017 das Audit nach der SN EN 50625 ohne kritische Abweichung bestanden haben, erhielten am 23. April 2018 ein von Swico ausgestelltes Zertifikat, welches bis zum nächsten Audittermin, längstens bis am 31. Dezember 2018, gültig ist. Zwei Betriebe müssen ihre kritischen Abweichungen noch nachweislich korrigieren, um in den Genuss des Zertifikats zu kommen. Können kritische Abweichungen nicht innert längstens sechs Monaten ab Protokollfreigabe korrigiert werden, müssen Betriebe nach einer Anhörung durch Swico und einer allenfalls nochmals erteilten Frist zur Korrektur im schlimmsten Fall mit einer Vertragskündigung rechnen.

# Veränderte Zusammensetzung und leichter Mengenrückgang

Michael Gasser

Nach mehreren Jahren konstant hoher Mengen sind dieses Jahr die verarbeiteten Mengen von Elektro- und Elektronikaltgeräten um 7 % gesunken. Dies ist insbesondere auf sinkende Mengen in den Kategorien Elektronikgeräte, Elektrogrossgeräte und Elektrokleingeräte zurückzuführen, während die Mengen in Kategorien wie Kühlgeräte und insbesondere Photovoltaik entgegen dem allgemeinen Trend zulegen konnten.

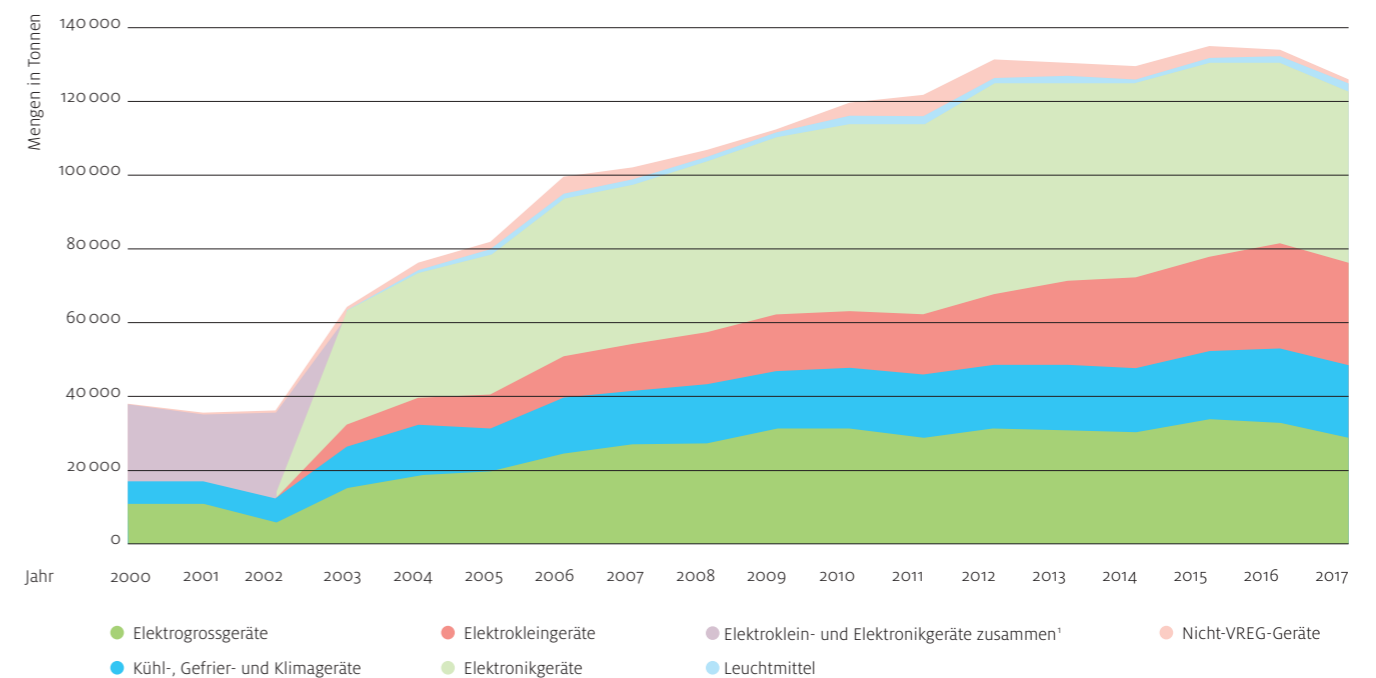
Im Jahr 2017 haben die Swico- und SENS-Recycler rund 122 800 Tonnen Elektro- und Elektronikgeräte (E+E Geräte) verarbeitet. Im Vergleich zum Vorjahr entspricht dies einer Abnahme von 7 %. (Tabelle 1 und Abbildung 1). Am meisten abgenommen hat die Verarbeitung von Geräten, die nicht in den Listen der VREG (Nicht-VREG-Geräte) aufgeführt sind. Auch bei den Elektrogrossgeräten (-14 %), den Elektronikgeräten (-6 %) und den Elektrokleingeräten (-4 %) ging die verarbeitete Menge zurück. Bei den Elektrogrossgeräten ist der Mengenrückgang zumindest teilweise auf die Änderung

der Erfassungsmethodik zurückzuführen: Seit 2017 werden Haushaltsgrossgeräte nicht mehr stückweise mit Standardgewicht erfasst, sondern direkt verwogen. In der Kategorie der Elektronikgeräte wurden erneut weniger schwere Röhrenbildschirme von Computermonitoren und Fernsehern verarbeitet. Dagegen hat die Menge an Kühlgeräten erneut zugenommen, wenn auch nicht ganz so ausgeprägt wie in den letzten Jahren. Die Menge verarbeiteter Photovoltaik-ausrüstung hat sich im Vergleich zum Vorjahr verdreifacht, mit insgesamt 300 Tonnen bleibt der Anteil dieser Kategorie aber weiterhin gering.

Tabelle 1: Total verarbeiteter elektrischer und elektronischer Geräte in der Schweiz in Tonnen aus der Stoffflusserhebung.

Jahr	Elektrogrossgerät	Kühl-, Gefrier- und Klimageräte	Elektrokleingeräte	Elektronikgeräte	Leuchtmittel	Photovoltaik	Nicht-VREG-Geräte	Total Tonnen/Jahr
2009	30 400	15 300	14 900	47 300	1100		1200	110 200
2010	30 700	15 900	15 400	50 700	1130		3500	117 400
2011	27 800	16 800	16 300	51 300	1110		5200	118 500
2012	30 300	17 500	18 800	55 500	960		6000	129 100
2013	30 600	16 700	22 300	53 200	1100		4000	127 900
2014	29 400	17 200	23 900	52 000	1100		3000	126 600
2015	32 900	18 100	25 000	51 900	1100	100	3000	132 100
2016	32 500	19 200	27 900	49 000	1100	100	1900	131 800
2017	28 100	19 400	26 700	46 000	970	300	1300	122 800
<b>Veränderung gegenüber Vorjahr</b>	<b>-14 %</b>	<b>1 %</b>	<b>-4 %</b>	<b>-6 %</b>	<b>-12 %</b>	<b>200 %</b>	<b>-32 %</b>	<b>-7 %</b>

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



## Wertstoffverwertung

Aus den verarbeiteten Elektroaltgeräten werden durch manuelle und maschinelle Verarbeitung Wert- und Schadstofffraktionen gewonnen (Abbildung 2). Die grösste Wertstofffraktion bilden die Metalle mit 62 %. Die leichte Verschiebung zwischen den Anteilen Kunststoff-Metall-Gemisch (17 %) und Kunststoffe (10 %) ist auf eine veränderte Erfassung von Kunststoffgemischen mit Restmetallgehalten zurückzuführen. Der Anteil des Glases aus der Bildröhrenverarbeitung hat sich im Vergleich zum Vorjahr ungefähr halbiert und beträgt noch 2 %. Die besonders wertvollen Leiterplatten machen nur 1,3 % der Gesamtmenge aus. Dennoch lohnt es sich oft, diese Materialien vorgängig zur mechanischen Verarbeitung manuell zu entfernen und sie möglichst vollständig zurückzugewinnen. Die erhaltenen Wertstofffraktionen werden in nachgelagerten Betrieben weiterverarbeitet und nach Möglichkeit stofflich oder thermisch verwertet. Swico und SENS-Recycler haben für die weitere Verarbeitung Stoffflussnach-

weise zu erbringen, die die weitere Verarbeitung dieser Fraktionen beschreiben. Eisenmetalle werden grundsätzlich in schweizerischen Schmelzwerken und Nichteisenmetalle in europäischen Schmelzwerken endgültig verarbeitet. Kunststoff-Metall-Gemische werden weiter aufgetrennt; je nach Trennungsvorgang und Zusammensetzung werden hierbei die Metalle und teilweise auch die Kunststoffe zurückgewonnen. Gewisse gemischte Fraktionen gelangen weiterhin direkt in die energetische Verwertung, wobei dieser Anteil in den letzten Jahren dank neuen Verarbeitungsmöglichkeiten stark abgenommen hat. Auch Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien werden speziellen Verwertungsverfahren zugeführt.

<sup>1</sup> Bis 2002 wurden Elektroklein- und Elektronikgeräte gemeinsam erfasst.

**Schadstoffentfrachtung**

Der Anteil an erzeugten Schadstofffraktionen ist leicht gestiegen und macht 1% aus (Abbildung 2). Dies ist einerseits auf einen Anstieg von batteriehaltigen Geräten sowie auf eine präzisere Datenerhebung zur Schadstoffentfrachtung zurückzuführen (zum Beispiel bei Hintergrundbeleuchtungen aus Flachbildschirmen). Die Schadstoffentfrachtung gehört neben der Rückführung von Wertstoffen in den Materialkreislauf zur Hauptaufgabe der Schweizer Recycler. Die Schadstoffe werden zu einem Grossteil in Zerlegebetrieben händisch entfernt. So werden zum Beispiel Kondensatoren aus Haushaltsgrossgeräten herausgenommen, Batterien aus Elektronikgeräten entfernt oder die Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen, Scannern und Kopiergeräten ausgebaut. Die Schadstoffentfrachtung und der Umgang mit den Schadstoffen muss dabei stetig den veränderten Technologien und neuesten Erkenntnissen angepasst werden. Die Betriebe müssen aber 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 2017 hat Swico Recycling 48 525 Tonnen<sup>1</sup> Elektronikgeräte zurückgenommen, das sind 7,3% weniger als im Vorjahr. Die zurückgenommenen Massen und Stückzahlen von CRT-PC-Monitoren und CRT-Fernsehern sinken weiter und setzen so den langfristigen Trend fort. Bei den Flachbildmonitoren und -Fernsehern steigt die zurückgenommene Anzahl an Geräte weiter an, das Gesamtgewicht bleibt wegen sinkender Durchschnittsgewichte jedoch ungefähr auf gleichem Niveau. Auch bei den Mobiltelefonen steigt die

**Seite links**

<sup>1</sup> Diese Zahl ist grösser als die 46 000 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Stückzahl weiter: Hier führt das weiter sinkende Durchschnittsgewicht zu einer Abnahme im Sammelgewicht um -22%. Ein ähnlicher, aber weniger ausgeprägter Trend ist in der Kategorie Unterhaltungselektronik, gemischt, zu beobachten. Die Zusammensetzung der einzelnen Gerätekategorien wird durch Verarbeitungsversuche ermittelt, die bei den Swico-Recyclern durchgeführt und von der Empa begleitet werden. Dabei wird eine zuvor festgelegte Menge an Geräten gesammelt und die entstehenden Fraktionen werden dokumentiert. Die detaillierten Rücknahmemengen an Elektronikgeräten und ihre Zusammensetzung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

**Seite rechts**

<sup>1</sup> FPD: Flachbildschirme, verschiedene Technologien (LCD, Plasma, OLED und andere).  
<sup>2</sup> IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PC/Server, Laptops, Drucker, Grosskopierer/Grossgeräte.  
<sup>3</sup> Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte.  
<sup>4</sup> Hochrechnung.  
<sup>5</sup> Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen.  
<sup>6</sup> Diese Zahl ist grösser als die 46 000 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Quelle: Michael Gasser, Empa, auf der Basis von Verarbeitungs- und Warenkorbanalysen Swico, 21. März, St. Gallen.

Abbildung 2: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2017. Separat ausgewiesen sind Schadstoffe, welche insgesamt nur 1% der erzeugten Fraktionen ausmachen.

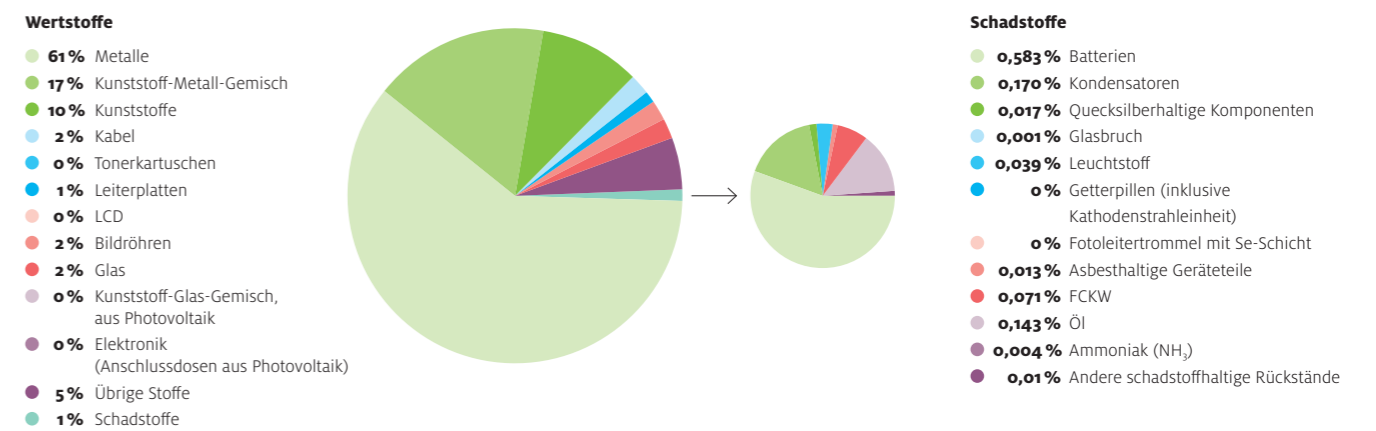


Tabelle 2: Gesammelte Swico-Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp.

Gerätetyp	Anzahl <sup>4</sup> (in Tausend)	Durchschnittsgewicht (in kg)	Metalle (in Tonnen)	Kunststoffe (in Tonnen)	Metall-Kunststoff-Gemische (in Tonnen)	Kabel (in Tonnen)	Glas und/oder LCD-Module (in Tonnen)	Leiterplatten (in Tonnen)	Schadstoffe (in Tonnen)	Weiteres <sup>5</sup> (in Tonnen)	Total (in Tonnen)	Zu-/Abnahme gegenüber 2016
CRT-PC-Monitor	52	18	136	185	88	24	406	85	0,1	4	927	-26 %
FPD-PC-Monitor <sup>1</sup>	631	5,8	1434	1156	70	45	570	259	33,5	91	3658	-5 %
PC/Server	413	11	3732	263	12	139		378	14		4538	1 %
Laptop	458	2,8	378	373	131	6,6	113	186	89	5,4	1282	9 %
Drucker	474	12	2015	3060	350	31	39	99	1,7	92	5688	-10 %
Grosskopierer/ Grossgeräte	54	132	3914	269	2570	130	4,8	58	62	18,4	7192	-5 %
IT gemischt <sup>2</sup>	618	3,2	1076	71	712	36	1,0	15	17	50	1977	-6 %
CRT-Fernseher	242	24	573	1188	193	21	3757	71	5	3,1	5810	-24 %
FPD-Fernseher <sup>1</sup>	215	19	1970	733	430	56	357	342	45	142	4076	8 %
UE gemischt <sup>3</sup>	3234	3,3	5758	388	3877	195	5,5	8,4	93	271	10 672	-4 %
Telefon, mobil	743		18	40			5,8	25	23		111	-22 %
Telefon, Rest	1463		1273	84	843	42	1,2	18	20	59	2340	-12 %
Foto/Video	200		87	5,7	58	2,9	0,1	1,3	1,4	4,1	160	-1 %
Dental											93	0 %
<b>Total in Tonnen</b>			<b>22 363</b>	<b>7817</b>	<b>9334</b>	<b>726</b>	<b>5260</b>	<b>1621</b>	<b>404</b>	<b>906</b>	<b>48 525<sup>6</sup></b>	<b>-7,3 %</b>
<b>Total in Prozent</b>			<b>46 %</b>	<b>16 %</b>	<b>19 %</b>	<b>1 %</b>	<b>11 %</b>	<b>3 %</b>	<b>1 %</b>	<b>2 %</b>	<b>100 %</b>	



# Kühlgeräte (Reportingperiode 2017)

Gerit Hug und Niklaus Renner

Die vier Schweizer Kühlgeräte-Recyclingbetriebe verarbeiteten 2017 nur geringfügig weniger Kühl- und Gefriergeräte aus Haushalt und Gewerbe als im Vorjahr. Von insgesamt 350 000 Geräten (entspricht rund 17 500 Tonnen) wurden die Kälte- und Treibmittel aus den Kompressoren und der Isolations-schäumung unter Einhaltung hoher technischer Anforderungen zurückgewonnen. Dabei setzt sich der Aufwärtstrend bei den umweltfreundlichen VHC-Geräten klar fort, welche mittlerweile einen Anteil von 64 % in Bezug auf die Kältemittel haben. Wird nach Treibmittelart im Polyurethan(PU)-Schaum unterschieden, liegt dieser Anteil am Gerätemix gar bei 71 %.

In der Schweiz setzt sich das durchschnittliche ins Recycling gelangende Haushaltskühlgerät wie folgt zusammen (ungefähre Erfahrungswerte):

- Metalle (Eisen, Aluminium, Kupfer): 64 %
- Kunststoffe: 22 %
- PU-Schaum: 10 %
- Treib- und Kältemittelgemisch (VFC und VHC) sowie Kompressoröl: 2 %
- Anderes (Tablare und andere.): 2 %

Während rund 88 % der Gerätemasse als schadstofffrei betrachtet und prinzipiell mit herkömmlicher Recyclingverfahrenstechnik aufbereitet werden könnte, erfordert der Anteil an ozonschichtgefährdenden und klimaaktiven Komponenten (Kältemittel und PU-Schaum inklusive der sich darin befindlichen Treibmittel) von rund 12% eine hochspezialisierte Anlagenkonstruktion. Bevor die Geräte mittels Rotorscheren und nachgelagerter Magnet- und Wirbelstromschneider sowie Pelletierpressen usw. in ihre Fraktionen zerlegt werden können (Behandlungsstufe 2), müssen die Kältemittel verlustfrei aus den Kompressoren abgesaugt werden (Behandlungsstufe 1). Die kontrollierte Ausgasung und Kondensation der Treibmittel auf Stufe 2 erfolgt mittels mechanischer Kältetechnik sowie unter Anwendung flüssigen Stickstoffs bei Tieftemperaturen von bis zu -90 °C. Die Abluftströme der Anlagen werden

nach Durchlaufen diverser Filteraggregate kontinuierlich auf Trichlorfluormethan (R-11) und Dichlordifluormethan (R-12) überwacht.

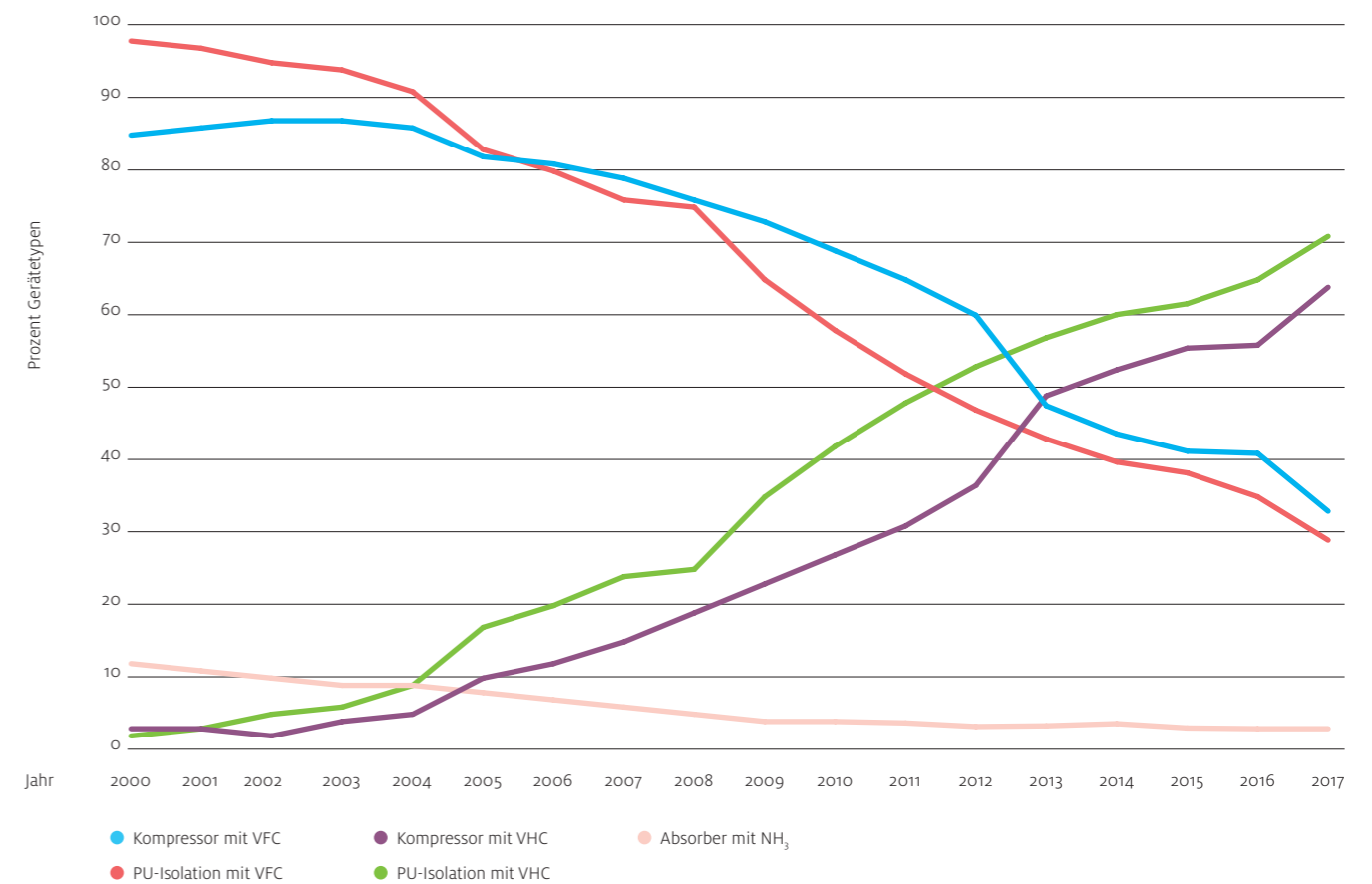
Die Anlagen werden alle zwei Jahre auditiert und anhand sogenannter Batchtests validiert, wobei Berechnungs- und Bewertungsmethoden gemäss dem CENELEC-Standard EN 50625-2-3 und den technischen Spezifikationen 50625-3-4 zur Anwendung gelangen.

### VHC-Geräte stärker im Vormarsch als erwartet

In der aktuellen Reportingperiode machen bei den auf Stufe 1 behandelten Altgeräten jene, deren Kompressoren mit umweltfreundlichen Kohlenwasserstoffen (volatile hydrocarbons, VHC) betrieben wurden, bereits 64 % aus, was einer markanten Steigerung um 8 % im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Dagegen nahm der Anteil der flüchtige-Fluorkohlenwasserstoff(VFC)-Kompressoren auf 33 % ab. Die Zahl der Geräte mit Ammoniak (NH<sub>3</sub>)-haltigen Absorbersystemen verändert sich seit Jahren kaum und beträgt rund 3 % (vergleiche Abbildung 1).

Aktuell war bei 71 % aller ins Recycling gelangenden Kühlgeräte die PU-Isolation mit VHC-Treibmitteln geschäumt, womit im Vergleich zum Vorjahr auch auf Stufe 2 die Steigerung des Anteils klimafreundlicher Geräte die Erwartung übertraf (+6 %).

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

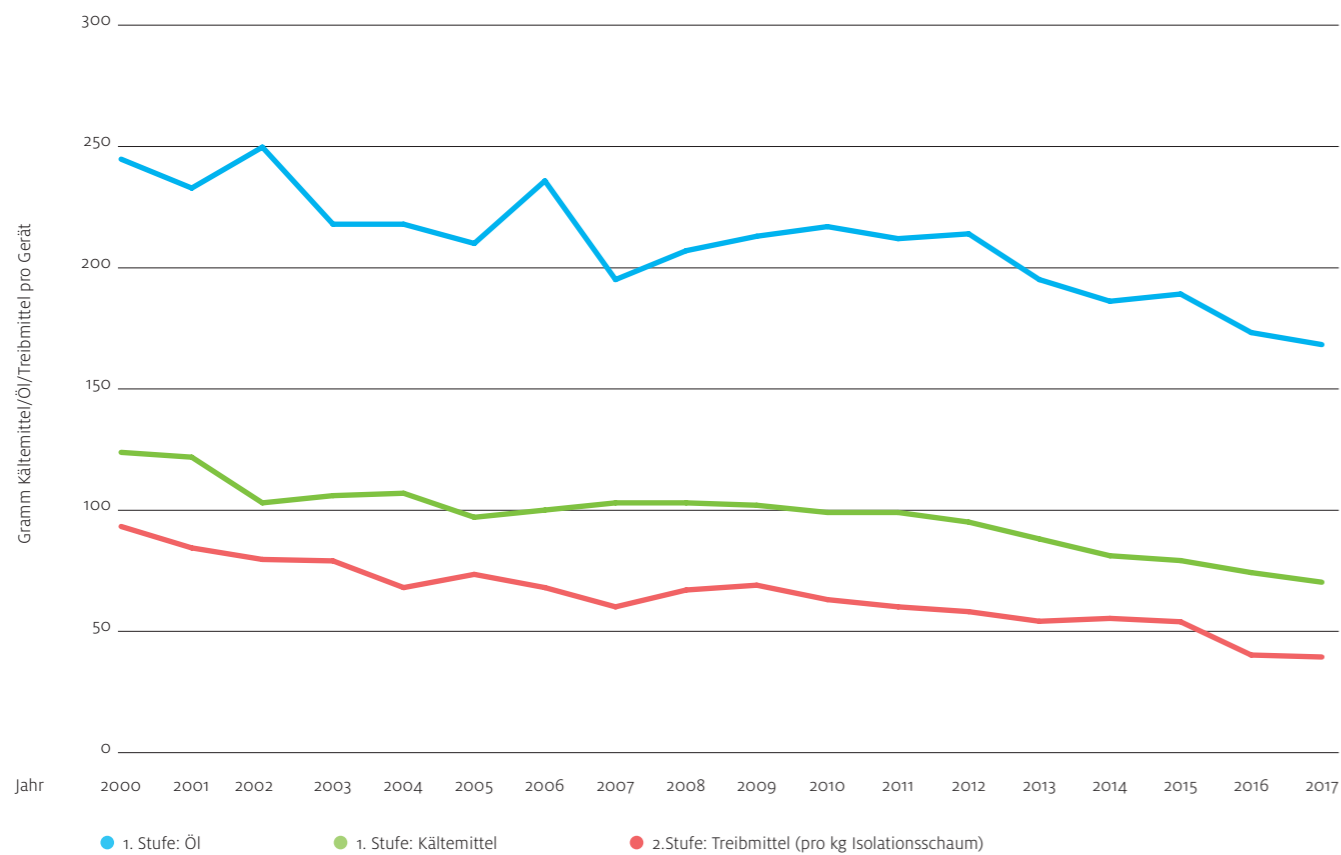


### Trend im Gerätemix spiegelt sich in den Rückgewinnungsmengen

Der inputseitige Rückgang der VFC-Geräte wird auf beiden Behandlungsstufen auch im Output in Form geringerer Rückgewinnungsmengen an Kälte- und Treibmitteln festgestellt. Zwei Faktoren sind für diesen Effekt verantwortlich: erstens die sehr viel geringeren VHC-Einfüllgewichte bzw. -konzentrationen in der PU-Isolation und zweitens die geringeren spezifischen Gewichte von Isobutan bzw. Cyclopentan im Vergleich

zu den herkömmlichen VFC (82 g VFC bzw. 38 g VHC pro Kilogramm PU-Schaum gemäss Leistungstests und Herstellerangaben). Konnten 2015 auf Stufe 1 noch knapp 80 g Kältemittel aus jedem Kompressor abgesaugt werden, waren es 2016 noch 74 g und 2017 70 g. Die Ölmenge sank im gleichen Zeitraum von 189 g auf aktuell 168 g. Damit erhärtet sich die Vermutung zusehends, dass bei den VHC-Kompressoren nicht nur die Kältemittel-Einfüllgewichte, sondern auch die Öl-mengen geringer sind.

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



Auf Stufe 2 vollzieht sich derselbe Trend: Wurden um die Jahrtausendwende noch Mengen über 80 g pro Kilogramm PU zurückgewonnen, sank diese Zahl kontinuierlich. 2015 lag der Durchschnittswert bereits bei knapp 54 g. 2016 erfolgte (bedingt durch eine Anpassung der Berechnungsmethodik) ein abrupter Knick auf 40 g. Im aktuellen Erhebungsjahr änderte sich dieser Wert mit knapp 39 g kaum. Die reale Menge an zurückgewonnenem Treibmittel lag im Jahr 2017 bei 175 g pro verarbeitetem Gerätegehäuse. Die Datenlage ist konsistent mit dem beobachteten Anstieg der VHC-Gehäusestückzahlen bei gleichzeitigem Rückgang des spezifischen Gewichts des

Treibmittelgemischs (vergleiche Abbildung 2). Der exakte Verlauf der Kurve der End-of-Life-VFC-Geräte lässt sich nicht genau vorhersagen; was sich hingegen erahnen lässt, ist, dass er asymptotisch gegen Null gehen wird. Bis dahin bleibt die gemischte Verarbeitung von VFC- und VHC-Geräten in den hochspezialisierten Schweizer Recyclinganlagen Stand der Technik.

**Ein beeindruckender Vergleich**

Konnten der Atmosphäre durch die Rückgewinnung von Kälte- und Treibmitteln mit anschließender kontrollierter



Foto 1: Anlieferung von Kühlgeräten zum Recyclingbetrieb.

Foto 2: Kühlgeräte vor der Verarbeitung auf Stufe 2 (Shredding mit Rückgewinnung der Treibmittel).



Zerstörung im Jahr 2016 noch 370 000 Tonnen Kohlendioxid erspart werden, waren es 2017 infolge des sich ändernden Gerätemixes nur noch rund 290 000 Tonnen CO<sub>2</sub>. Die Umweltrelevanz des Kühlgeräterecyclings ist trotzdem ungebrochen hoch, was folgender Vergleich veranschaulicht: Ein Schweizer Personenwagen (Ausstoss 134 g CO<sub>2</sub>/km) müsste über 2 Milliarden Kilometer oder mehr als 54 000 Erdumrundungen zurücklegen, um die äquivalente Menge an Kohlendioxid auszustossen!



# Ein Rundgang durch Vorschriften und Normen

Rolf Widmer und Heinz Böni

Die Recycling- und Verwertungsleistung aller Swico- und SENS-Verarbeitungspartner wird jährlich bestimmt. Das Verfahren ist seit langem durch die geltenden technischen Vorschriften von SENS und Swico (TV:2012) vorgegeben. Das schweizerische Normenwerk SN EN 50625, vertraglich vorerst für Swico-Recycler massgebend, präzisiert und vervollständigt in diesem Thema die TV:2012.

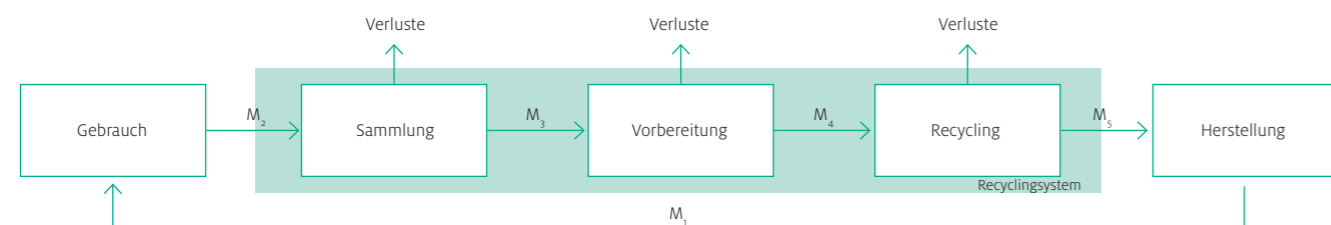
## Hintergrund

In Europas Abfallwesen werden heute als Leistungsausweis der Verwertung die beiden Kennzahlen Recyclingquote (RQ) und Verwertungsquote (VQ) verwendet. Im Prinzip entspricht die RQ dem Massenanteil, welcher einer stofflichen Verwertung zugeführt wird, die VQ enthält zusätzlich den Massenanteil, der energetisch verwertet wird. Für die verschiedenen Abfallströme gibt es individuelle Recycling- und Verwertungsziele (RVZ), also vorgegebene minimale Recycling- und Verwertungsquoten (RVQ).

Das in der folgenden Grafik dargestellte vereinfachte Entsorgungssystem verdeutlicht, dass selbst scheinbar einfache Indikatoren wie die RVQ zu Konfusionen führen können. Die Quoten sind als Massenanteile zu bestimmen, zum Beispiel könnte die RQ für Elektroaltgeräte (EAG) der Anteil der Gesamtmasse aller rezyklierten Stoffe ( $M_5$ ) an der

Gesamtmasse aller gesammelten Geräte ( $M_2$ ) sein, das heisst  $RQ = M_5 / M_2$ . Das erscheint naheliegend und plausibel, wird jedoch meist nicht so definiert. Die Bestimmung der RVQ von Swico und SENS bezieht sich beispielsweise auf  $RQ = M_5 / M_3$  bzw. auf  $RQ = M_4 / M_3$ . Das bedeutet, Input in das bzw. Output aus dem Recycling dividiert durch den Input beim Swico- und SENS-Recycler. Gewisse EU-Staaten verwenden  $RQ = M_2 / M_1$ , also gesammelte EAG dividiert durch verkaufte Neugeräte. Insgesamt findet man fast alle möglichen Varianten, die fünf Massen  $M_1$  bis  $M_5$  zu dividieren und entsprechend unterschiedlichste RVQ. Auch ist oft unklar, was mit «Gesamtmasse» eines stofflich oder energetisch verwerteten Materials genau gemeint ist. Sollte beispielsweise bei einer thermischen Verwertung eines Kunststoffes (KS) in einer Müllverbrennung mit Wärmenutzung (R1-KVA) seine Gesamtmasse als verwertet gelten, oder sollte der Anteil (ca. 35%), der als Abwärme durch den Kamin geht, abgezogen werden? Oder soll zum Beispiel

Abbildung 1: Vereinfachtes Entsorgungssystem, in dem  $M_1$  bis  $M_5$  Gesamtmassenflüsse an einer bestimmten Stelle der Verarbeitungskette darstellen. «Vorbereitung» entspricht allen manuellen und mechanischen Verarbeitungsprozessen, welche Endfraktionen für die letzten Behandlungsschritte, das Recycling, erzeugen.



eine reine Aluminiumfraktion, von der in einem Schmelzwerk 90% zu Aluminiumbarren und 10% zu unbrauchbarem Aluminiumoxid werden, als 100% recycelt gelten?

Seit 2012 gelten die technischen Vorschriften TV:2012,<sup>1</sup> die unter anderem solche Fragen regeln. Sie geben in Anlehnung an die WEEE-Richtlinie für die Behandlung von EAG vor, dass ein Betrieb festgelegte RVZ nachweislich erreichen muss, was mit Batchversuchen, oder, falls machbar, über die Jahres-Stoffflussbilanzen validiert wird.

Für erzeugte Fraktionen, die zur weiteren Auftrennung an sogenannte Empfänger geliefert werden, sind Nachweise zu deren Zusammensetzung und zur RVQ in diesen externen Verarbeitungsprozessen zu erbringen. Dabei gelten alle externen Betriebe, welche Fraktionen entgegennehmen und durch Behandlung in weitere Fraktionen auftrennen, als Empfänger. Implizit muss demnach die gesamte Verarbeitungskette dokumentiert werden, bis jede Fraktion, besser gesagt, ihre Bestandteile (components), in einer letztendlichen, anerkannten Verwertungstechnologie einer der folgenden fünf Nutzungsklassen zugeordnet werden kann:

MR	Stoffliche Verwertung, Recycling (Material Recycling)
ER	Energetische Verwertung (Energy Recovery)
TD	Thermische Beseitigung ohne Energienutzung (Thermal Disposal) <sup>2</sup>
LD	Deponie, Entsorgung (Landfill Disposal)
RU	Wiederverwendung von Komponenten (Reuse) <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Siehe unter Dokumente in <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/vollzugshilfe-ueber-den-verkehr-mit-sonderabfaellen-und-anderen-umweltvertraegliche-entsorgung-von-sonderabfaellen-und-anderen-k/umweltvertraegliche-entsorgung-von-elektrischen-und-elektronisch.html>

<sup>2</sup> Diese Klassierung gilt auch für alle nicht brennbaren Stoffe, die in eine Verbrennungsanlage gelangen.

<sup>3</sup> Ohne Zerstörung der ursprünglichen Funktion.

Die Berechnung der RVQ erfolgt mittels des Reportingtools «RepTool», einer Software des WEEE-Forums ([www.wf-reptool.org](http://www.wf-reptool.org)). Der Recycler hat dazu seine ermittelten Werte zu dokumentieren und die erforderlichen Nachweise bereitzustellen. Der TK muss Einsicht in die notwendigen Daten, Berechnungen und Nachweise gewährt werden, damit sie die Berechnungen ausführen kann. Für bestimmte Fraktionen, deren weitere Behandlungen der TK bekannt sind, können ohne Nachweispflicht die in TV:2012 aufgelisteten Standard RVQ eingesetzt werden. Änderungen aller internen oder externen Verarbeitungsprozesse, welche die RVQ verändern können, müssen der TK umgehend gemeldet werden.

Seit 2017 gelten für die Verarbeitung von Swico-EAG die Bestimmungen der schweizerischen Normenserie SN EN 50625. Bezüglich RVQ präzisiert sie etliche Vorgaben der TV:2012.

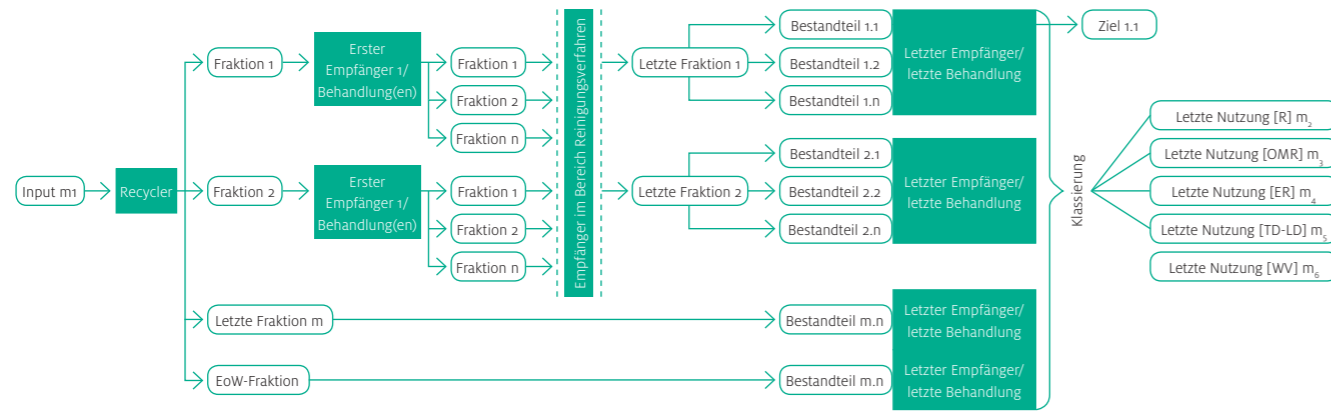
## Aktuelle Methode zur RVQ-Bestimmung

Zur Bestimmung der RVQ gilt die folgende grundsätzliche Vorgehensweise:

- Die RVQ muss mindestens einmal jährlich pro Behandlungsstrom bestimmt werden. Bei einem einzigen Strom erfolgt dies eventuell nur aus der Jahresmassenbilanz, bei mehreren gemischten Strömen wird mindestens alle zwei Jahre ein Batchversuch pro Strom und Standort verlangt;
- Die aus Batchversuchen bestimmten RVQs müssen mit denen aus der Jahresmassenbilanz verglichen werden. Falls die Abweichung kleiner als 10% ist, müssen die Werte der Jahresmassenbilanz verwendet werden, ansonsten die des Batchversuchs. In diesem Fall müssen die Abweichungen erklärt werden.

Die Infrastruktur zur Berechnung der Jahresmassenbilanzen bei Swico und SENS erlauben aktuell noch keine Ermittlung der RVQ; dazu laufen Revisionen der Werkzeuge, insbesondere der Software «Toocy». Bis dahin planen die Systeme jährliche Batchversuchsreihen, die zusammen mit anderen Datenerhebungen repräsentative Aussagen zur RV-Leistung zulassen. Aus den Ausführungen der Norm wird das zugrunde liegende Verarbeitungs- und Berechnungsmodell deutlich, welches im «RepTool» vollständig umgesetzt wird (Abbildung 2).

Abbildung 2: Verarbeitungs- und Berechnungsmodell gemäss SN EN 50625. Für die RVQ-Berechnung ist in der letzten Behandlung (Letzter Empfänger/letzte Behandlung) die Klassierung der Bestandteile der letzten Fraktionen in eine der möglichen vier Nutzungen notwendig. Durch diese Klassierung wird jeder Fraktionsbestandteil einer der Massen  $m_2$  bis  $m_5$  zugeordnet ( $m_6=0$ , das heisst im SENS/Swico-System nicht erlaubt).



Nach diesem Modell können erzeugte Ausgangsfraktionen einer Behandlung drei Zustände haben:

**Zustand 1:** «EoW» – Fraktion ist kein Abfall mehr

**Zustand 2:** «final» – Endfraktion, die an einen letzten Empfänger geht

**Zustand 3:** «weder EoW noch final» – Fraktion, die weiter aufbereitet wird

Zudem gibt es «reine» Fraktionen, welche einen Massenanteil von weniger als 2 % an Fremdstoffen enthalten. Als Fremdstoff gilt dabei alles, was nicht dem rückzugewinnenden Zielmaterial entspricht, zum Beispiel ist ein Transformator, bestehend aus Eisenkern und Kupferwickel, zwar fast ausschliesslich metallisch, aber nicht «rein».

Um die betriebsinterne Verarbeitung eines Recyclers bis zu seinen Ausgangsfraktionen zu erheben, werden im «RepTool» die internen Verarbeitungsprozesse nach dem gleichen Schema aufgenommen wie die externen. Dazu wird ein vereinfachtes Verfahrensfliessbild (VFB) angewendet, das so viele Stufen umfasst, wie Aufschlüsse (zum Beispiel Mühle) durchgeführt werden. Die erzeugten Ausgangsfraktionen werden dem zugehörigen Klassierungsverfahren (zum Beispiel Wirbelstrom) zugeordnet (zum Beispiel die Fraktion «Al rein 2.3.» wird in Stufe 2 in der Klassierung 3 erzeugt). Jede interne Stufe nimmt im «RepTool» demnach die gleiche Rolle ein, wie ein externer Empfänger. Mit dieser Struktur lassen sich auch Betriebe abbilden, deren interne Verarbeitung über mehrere Standorte verteilt ist (Abbildung 3).

Aus dieser lückenlosen Kette lässt sich schliesslich die RVQ berechnen:

$$RQ = m_2 / m_1$$

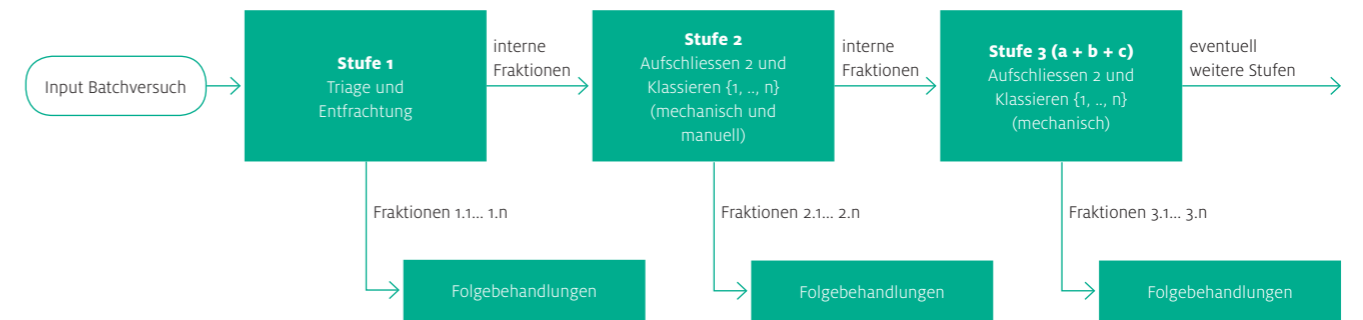
$$VQ = RQ + (m_3 + m_4) / m_1$$

Für die Berechnung der RVQ werden demzufolge lediglich die Endfraktionsbestandteile und die Klassierung ihrer Nutzung benötigt. Gegenüber TV:2012 wird die neue Klasse «andere stoffliche Verwertung» (OMR), die nicht der RQ angerechnet wird (zum Beispiel Verfüllung), hinzugefügt, und TD und LD werden zusammengefasst.

Neu gegenüber TV:2012 sind für einige Metalle gemäss TS 50625-5<sup>1</sup> drei statt bisher zwei Zielvorgaben zu erreichen: Zusätzlich zur üblichen RVQ muss in der «letzten Behandlung» nachweislich eine Ausbeute A (yield) von jeweils  $\geq 90\%$  für Cu, Ag, Au und Pd erreicht werden. Die Ausbeute ist definiert als der Massenanteil eines spezifischen Metalls in der Endfraktion (infeed), welches durch die letzte Behandlung im Schmelzwerk in reines Metall oder eine reine Legierung oder ein reines Salz überführt wird (in Abbildung 2 dargestellt durch «Bestandteil 1.1» zu «Ziel 1.1»).

Sofern eine Endfraktion «rein» ist und die letzte Behandlung für die Rückgewinnung dieses Materials ausgelegt ist, kann man von einer hohen Ausbeute ausgehen. Vereinfachend wird daher, ohne die Ausbeute zu kennen, meist eine RQ von 100 % angenommen. Das gleiche Prinzip wird oft auch auf «unreine» Endfraktionen angewendet, das heisst jegliche Endfraktion, die in eine spezialisierte letzte Behandlung geht, gilt als 100 % recycelt. Dies kann die wirkliche RV-Leistung stark beschönigen.<sup>2</sup>

Abbildung 3: Vereinfachte VFB der internen Verarbeitung. Hier ist angedeutet, dass die Verarbeitung der Stufe 3 an den drei Standorten a, b und c stattfindet.



Alle EoW-Fraktionen gelten definitionsgemäss als recycelt oder verwertet, ihre Zusammensetzung sowie der letzte Empfänger/die letzte Behandlung muss jedoch bekannt sein. Obschon keiner der Swico- und SENS-Recycler zurzeit solche Fraktionen erzeugt, stellt sich auch hier die Frage, ob eine «unreine» EoW-Fraktion als 100 % recycelt gelten soll.

Die Arbeitsgruppe «RVQ» wurde unter anderem zur Klärung dieser Fragen ins Leben gerufen und empfiehlt Folgendes:

- Um den unterschiedlichen Klassierungsmöglichkeiten Rechnung zu tragen, werden «RepTools» zwei Einstufungen genutzt: In der Einstufung «National» werden möglichst reale Verhältnisse für die gemeinsamen RVQs der SENS und der Swico abgebildet; zum Beispiel werden die gängigen Ausbeuten (yield) für das Zielmaterial/die Zielenergie berücksichtigt.<sup>3</sup> In der Einstufung «Modell» werden die in Europa üblichen RVQ-Verhältnisse abgebildet.
- Für die Einstufung «National» gilt: Wird eine Fraktion ohne weiteren Nachweis als «rein» bezeichnet, wird ein Fremdstoffmassenanteil von 2 % angenommen, der nicht der RQ angerechnet wird. Weitere Verluste des Zielmaterials in der Endbehandlung (zum Beispiel Ausbeute <100 %) sind zu berücksichtigen.
- Ist die Fraktion nachgewiesenermassen «rein», ist sie nicht weiter zusammengesetzt, das heisst sie besteht nur aus einem Zielmaterial. Das bedeutet jedoch noch nicht, dass dessen Ausbeute in der Endbehandlung 100% ist.<sup>4</sup>

#### Ausblick

Für die Auswertung der diesjährigen Batchversuche werden folgende Hintergrunddaten überarbeitet:

- Tabelle 5.1: «Standard RVQ für bestimmte Fraktionen» aus der TV:2012 wird von der TK SENS/Swico gemeinsam weiterentwickelt.
- Tabelle 6.2: «Anerkannte Recycling- und Verwertungsarten» aus der TV:2012 wird mit der entsprechenden, aktuellen Tabelle aus dem «RepTool» ersetzt.
- Die Liste der existierenden «RepTool»-Pakete (aktuelle, bekannte Behandlungsprozesse) wird gesichtet, erweitert und, wo nötig, überarbeitet.

Um die Datenübertragung aus den Batchversuchen der Betriebe in RepTool zu vereinfachen, werden zudem die elektronischen Datenerfassungsmasken verbessert, insbesondere die Abbildung der betriebsinternen Fraktionsbezeichnungen auf die sogenannten RepTool Codes wird dazu beitragen.

<sup>1</sup> TS 50625-5 «Spezifikation für die Endbehandlung der Fraktionen von Elektro- und Elektronik-Altgeräten – Kupfer und Edelmetalle».  
<sup>2</sup> Recycling-Quotenzauber: [https://www.tomm-c.de/fileadmin/pdf/2017/Obermeier\\_Recycling-Quotenzauber\\_20170915\\_final.pdf](https://www.tomm-c.de/fileadmin/pdf/2017/Obermeier_Recycling-Quotenzauber_20170915_final.pdf)  
<sup>3</sup> Für KS in einer R1-KVA wird nur der organische Massenanteil der Fraktion gewichtet und mit dem Mindestwirkungsgrad von 65 % als EV angerechnet, also bestenfalls VQ=65 %. Für die Einstufung «Modell» ergibt sich VQ=100 %.  
<sup>4</sup> Für Al «rein», wird die Al-Ausbeute zu 95 % angenommen, das heisst 5 % der Al-Endfraktion wird nicht RQ angerechnet (ausser die Schlacke wird ebenfalls als Produkt verwendet). Für die Einstufung «Modell» ergibt sich eine RQ=100 %.



## Ein steiniger Weg zu einer sauberen Kreislaufwirtschaft

Michael Gasser und Arthur Haarman

Kunststoffrecycling ist sowohl im Bereich Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) als auch im öffentlichen Diskurs ein wichtiges Thema. Kunststoffe sind nach Metallen der wichtigste Gewichtsanteil in EAG. Sie werden jedoch aufgrund technologischer und wirtschaftlicher Herausforderungen in geringerem Umfang recycelt. Da die Ziele für die Recyclingquote steigen, wird das Kunststoffrecycling für Betriebe immer mehr zu einer Notwendigkeit. Jüngste Entwicklungen wie Marktstörungen und verschärfte Behandlungsanforderungen können jedoch das Recycling von EAG-Kunststoffen erschweren.

Der Kunststoffanteil in EAG wächst tendenziell von Jahr zu Jahr und liegt derzeit bei durchschnittlich ca. 25 Gewichtsprozenten. Am Ende der Produktlebensdauer können Kunststofffraktionen entweder stofflich verwertet oder unter Energierückgewinnung verbrannt werden. Aus ökologischer Sicht ist das Recycling von Kunststoffen, insbesondere von hochwertigen Kunststoffen, die in elektrischen und elektronischen Geräten verwendet werden, oft vorteilhafter als deren Verbrennung.

Bezüglich einer stofflichen Verwertung sind Kunststofffraktionen eine der herausfordernderen Fraktionen aus EAG. Die Schwierigkeit liegt in der Sortierung, bei der Fraktionen von ausreichender Reinheit erzielt werden müssen. Unverträgliche Kunststofftypen müssen voneinander getrennt werden. Darüber hinaus müssen heutzutage verbotene Kunststoffadditive wie bestimmte Flammschutzmittel vor einem Recycling entfernt werden.

Kunststoffe aus EAG gelangen aufgrund dieser Herausforderungen zu einem geringeren Anteil zurück in den Materialkreislauf. In den letzten Jahren konnte jedoch eine starke Veränderung der Kunststoffströme beobachtet werden. Immer weniger Kunststoff wird direkt verbrannt und immer mehr werden weiteren Verarbeitungsschritten zugeführt. Im Jahr 2007 wurden weniger als 10 % der Kunststoffe in EAG weiteren Verarbeitungsschritten zugeführt, 2011 lag diese Zahl bei 30 %

und 2016 bei 35 %. In der Verarbeitung von gemischten Kunststofffraktionen aus der mechanischen Verarbeitung können durch technologische Neuerungen zusätzliche Kunststofftypen einem Recycling zugeführt werden. Ebenso war eine Zunahme in der manuellen Entnahme von Kunststoffen zu beobachten. Solche Fraktionen weisen oft eine sehr hohe Reinheit auf und können in gewissen Fällen direkt zu Sekundärrohstoffen aufbereitet werden.

Das Recycling von Kunststoffen ist heute ein fester Bestandteil des Recyclings von EAG. Frühere Batchversuche zeigen, dass Recycler die derzeit vorgeschriebenen Recyclingquoten nur erreichen können, wenn ein Teil der Kunststoffe recycelt wird. Dies gilt insbesondere für die Kategorien IKT-Geräte (Geräte der Informations- und Kommunikationstechnologie) und Haushaltskleingeräte, bei denen der Kunststoffanteil deutlich über dem Durchschnitt liegen kann (ca. 50 Gewichtsprozent).

**Aktuelle Entwicklungen: Marktstörungen und verschärfende Behandlungsanforderungen**  
Unterschiedliche EAG-Kunststofffraktionen erfordern oft spezialisierte Verarbeiter und Anwender. Dies führt zu komplexen, oft grenzüberschreitenden und somit anfälligen Materialströmen. Kleine Änderungen in Vorschriften und Normen für die Behandlung von oder den Handel mit Kunststoffabfällen können daher grosse Auswirkungen auf die



Foto 1: Wiederverwendung von Verpackungen mit RoHS-Konformitätslabel im informellen Kunststoffrecyclingsektor in Indien (Bild: Arthur Haarman)

Recyclingquoten von EAG-Kunststoffen haben. Nachfolgend werden einige der aktuellen Entwicklungen in diesem Bereich beschrieben. Im Rahmen der Initiative «National Sword» hat China, traditionell einer der Hauptimporteure und Verarbeiter von Kunststoffschrott, kürzlich die Einfuhr verschiedener Kunststoffabfälle verboten. Dies hat in der Kunststoffrecycling-Industrie generell zu einem Mangel an nachgeschalteten Verarbeitern und Nutzern von Sekundärkunststoffen geführt. Wie sich dieses Verbot spezifisch auf EAG-Kunststoffe auswirkt, ist noch unklar. Auch wenn diese Entwicklung kurzfristig ein erhebliches Risiko für das Kunststoffrecycling von EAG darstellt, könnten dadurch längerfristig zusätzliche Recyclingkapazitäten in Europa entstehen.

Auf dem Weg zu einer Kreislaufwirtschaft ist die Recycling-Industrie einem Zielkonflikt zwischen einer Steigerung der Recyclingquote und einer Entfrachtung von Altlastsubstanzen (legacy substances) in Materialkreisläufen ausgesetzt. Nach dem Verbot einer Substanz wird diese oft durch ähnlich bedenkliche ersetzt, welche selbst nach wenigen Jahren wieder verboten werden (bedauerliche Substitution). In Abfallströmen sind so oft mehrere Generationen von verbotenen Substanzen auffindbar, wobei für jeden Stoff unterschiedliche Übergangsregelungen gelten können. Als Beispiel sind hierbei die Polybromierten Diphenylether (PBDE) zu erwähnen, die eine wichtige Gruppe von bromhaltigen Flammschutzmitteln (BFR) bilden. Im Mai 2017 wurde mit Decabromdiphenylether

(DecaBDE) die letzte wirtschaftlich relevante Verbindung der PBDE als persistenter organischer Schadstoff (POP) in die Stockholm-Konvention aufgenommen. In Europa und der Schweiz ist der Elektroniksektor auf diese Veränderung gut vorbereitet, da die Verwendung von allen PBDE mit der RoHS-Richtlinie (Restriction of certain Hazardous Substances) bereits stark eingeschränkt ist. Nichtsdestotrotz ist DecaBDE wie auch andere PBDE in EAG in relevanten Mengen auffindbar. Im Recycling von EAG sind die in der Norm SN EN 50625 festgelegten Behandlungsvorschriften aus praktischen Gründen noch umfassender. Sie verlangen für Kunststoffe aus gewissen Gerätegruppen eine Entfrachtung aller bromhaltiger Substanzen unter die Konzentrationsgrenze 2000 ppm. Die Industrie ist somit bereits heute auf zukünftige Verbote weiterer bromhaltiger Flammschutzmittel vorbereitet. Verbote von anderen, wie zum Beispiel phosphorhaltigen Flammschutzmitteln hätten jedoch weitreichende Konsequenzen.

Um eine angemessene Entfrachtung von Schadstoffen sicherzustellen, müssen für alle betroffenen Materialströme vergleichbare Anforderungen gelten. Norm SN EN 50625 befreit zurzeit Kunststoffe aus Haushaltsgrossgeräten von einer Entfrachtung von Brom. Einzelne Messresultate konnten jedoch BFR in solchen Kunststoffen nachweisen. Eine laufende Studie auf europäischer Ebene sammelt derzeit Daten und überprüft, ob diese Ausnahme weiterhin gerechtfertigt ist. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die





Foto 2 und 3: Beprobung von Kunststoffen aus Haushaltsgrossgeräten zur Bestimmung der Schadstoffgehalte (Bilder: Arthur Haarmann).

europäischen Konzentrationsgrenzen nicht überschritten werden. Haushaltsgrossgeräte, insbesondere nicht kühlende Geräte, können jedoch trotzdem erhebliche Frachten mit sich führen. Länder mit strengeren Anforderungen als die europäische Norm könnten diese Ausnahme ausser Kraft setzen, was zu zusätzlichen Behandlungs- und Dokumentationspflichten führen könnte.

#### Ausblick

Zukünftig könnten die vorgeschriebenen Recyclingquoten weiter steigen. Die Hauptbestandteile in EAG werden, mit Ausnahme von Kunststoffen, bereits weitgehend zurückgewonnen. Sie können daher nur wenig zu einer Erhöhung der Recyclingquote beitragen. Die Rückgewinnung von Kunststoffen bleibt daher auch in Zukunft eine zentrale Herausforderung. Dies gilt nicht nur für das Recycling von EAG, sondern auch für andere Abfälle wie Verpackungen und Fahrzeuge. Die EU-Kommission hat Kunststoffe deshalb als wichtiges

Material im Rahmen des EU-Aktionsplans für eine Kreislaufwirtschaft identifiziert und eine spezielle Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft entwickelt. In der Strategie verpflichtet sich die EU, den Aufbau einer neuen Kunststoffwirtschaft voranzutreiben.

Der bestehende Interessenskonflikt zwischen der Eliminierung gefährlicher Chemikalien und einer verstärkten Wiederverwertung dürfte zunehmen. Die Nachfrage nach innovativen technischen Lösungen wird somit steigen.

In Entwicklungs- und Schwellenländern ist Kunststoffrecycling für viele einkommensschwache Haushalte eine Einkommensgrundlage und es besteht viel Verbesserungspotenzial. Der Umgang mit Altlastsubstanzen in Kunststoffen ist in diesen Ländern ein weitgehend ungelöstes Problem. Solche Länder könnten somit von einem stärkeren Engagement der EU profitieren.



# Abfall als Ressource für eine nachhaltige Entwicklung

Heinz Böni, Rolf Widmer, Michael Gasser und Arthur Haarman

In der Schweiz bestehen seit mehr als 20 Jahren Rücknahme- und Recycling-systeme für ausgediente Elektro- und Elektronikaltgeräte. Aufgrund dieser langjährigen Erfahrung hat das Staatsekretariat für Wirtschaft (SECO) bereits im Jahr 2002 beschlossen, Entwicklungs- und Schwellenländer in ihren Anstrengungen, E-Waste-Managementsysteme aufzubauen, zu unterstützen. Die Empa wurde mit der Durchführung dieser Aktivitäten betraut. SENS eRecycling und Swico sind Mitglieder des beratenden Begleitgremiums.

In Entwicklungsländern wird die Verwertung von Materialien aus Abfällen zum Grossteil im informellen Sektor durchgeführt. Dies birgt zahlreiche Risiken wie Umweltverschmutzung, Gesundheitsgefahren und die Verschleppung gefährlicher Stoffe. Generell mangelt es an einem entsprechenden Bewusstsein, das heisst an allgemein akzeptierten und umsetzbaren Qualitäts- und Nachhaltigkeitsstandards. Das SECO entwickelt seit 2003 Wissenspartnerschaften im Bereich E-Waste-Management. Im «Swiss E-Waste Program» hat die Schweiz Indien, China, Südafrika, Kolumbien und Peru in den Bemühungen, ihre E-Waste Managementsysteme zu verbessern, unterstützt. Inzwischen sind in nahezu allen diesen Partnerländern entsprechende Richtlinien erlassen worden.

Dieser Erfolg hat zur Entwicklung eines umfassenderen Ansatzes in Form des Nachfolgeprogramms Sustainable Recycling Industries (SRI) geführt. Das Entwicklungsziel von SRI ist die nachhaltige Integration und Beteiligung von kleinen und mittleren Unternehmen aus Entwicklungs- und Schwellenländern beim globalen Recycling von Sekundärressourcen. SRI wird von SECO finanziert und gemeinsam von der Empa<sup>1</sup>, dem WRF<sup>2</sup> und ecoinvent<sup>3</sup> über drei miteinander verknüpfte Programmkomponenten umgesetzt:

– Ökobilanzen: SRI erstellt regionale Ökobilanzinventare (LCI) zur Bewertung der ökologischen und sozialen Lebenszyklusleistung für industrielle und informelle Aktivitäten. Dazu werden notwendige lokale und regionale Kompetenzen in Brasilien, Indien und Südafrika aus- und aufgebaut.

- Recycling-Initiativen: SRI unterstützt in Kolumbien, Ägypten, Ghana, Indien, Peru und Südafrika zusammen mit privaten und öffentlichen Institutionen bestehende lokale E-Waste-Recyclingkapazitäten, insbesondere auch im informellen Sektor, nachhaltiger zu gestalten.
- SRI-Roundtable: SRI fördert die Stakeholder-Konsultation zur Verbesserung von E-Waste-Managementsystemen und insbesondere die Entwicklung von Nachhaltigkeitskriterien für Sekundärmaterialien in Form eines ISO-Dokuments.

## Kunststoffrecycling in Indien

Kunststoffrecycling beschäftigt schätzungsweise 0,5 bis 1 Millionen Menschen in Indien. Ein Grossteil der Tätigkeiten findet dabei im informellen Sektor ohne staatliche Regulierung und Unterstützung statt. Kunststoffrecycling ist für die von Armut betroffenen Bevölkerungsgruppen eine wichtige Einkommensgrundlage, stellt der Industrie Sekundärrohstoffe zur Verfügung und sorgt für eine bedeutende Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Es gibt aber auch grosse Herausforderungen wie beispielsweise minderwertige Rezyklate, ungenügende Entfrachtung verbotener Additive, unsachgemässe Entsorgung von Schadstoffen sowie fehlende arbeitsrechtliche Sicherheiten.

<sup>1</sup> www.empa.ch/tsl – Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt/Abteilung Technologie und Gesellschaft.

<sup>2</sup> www.wrforum.org – World Resources Forum.

<sup>3</sup> www.ecoinvent.org – The world's most consistent & transparent life cycle inventory database.



Foto 1: Schälen von Kabeln und Farbsortieren von Fraktionen im informellen Sektor in Delhi, Indien.

Das SRI-Programm unterstützt eine nachhaltigere Entwicklung des indischen Kunststoffrecyclingsektors mit Fokus auf flammgehemmte Kunststoffe. Damit sind internationale Vorgaben zur Entfrachtung von POP verbundenen (siehe auch Artikel zu Kunststoffrecycling, Seite 24 ff.).

Als Folge einer sachgemässen Entfrachtung werden bessere Granulateigenschaften und damit ein breiterer Marktzugang erzielt, womit auch Spielraum für weitere ökologische und soziale Verbesserungen geschaffen wird. Im Projekt werden verschiedene Technologien zur Entfrachtung und Entsorgung von belasteten Kunststofffraktionen evaluiert und verschiedene Interessensvertreter ausgebildet. Die Erkenntnisse werden in Leuchtturmprojekten umgesetzt und tragen so zu einer sanften «Formalisierung» und Verbesserung des Recyclingsektors bei.

Das Recycling von Kunststoffen, insbesondere von Kunststoffen aus Elektronikaltgeräten mit schädlichen Additiven, ist in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern ein Problem. Die in Indien gemachten Erfahrungen und Erfolge stossen daher weltweit auf Interesse und werden erfolgreich auch in anderen Ländern angewendet.

## CENELEC-Auditierung in Kolumbien und Peru

In Kolumbien und Peru begannen die Projektaktivitäten vor rund zehn Jahren. Mit Unterstützung des damaligen Swico-Geschäftsführers wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Umweltministerium und unter Mitwirkung des

Umweltministers sowie dem nationalen Industrieverband ANDI (Kolumbien) bzw. SNI (Peru) verschiedene Veranstaltungen durchgeführt. Diese hatten zum Ziel, Hersteller, Importeure, Grossverteiler, Verwaltung und Industrieverbände auf die Problematik aufmerksam zu machen und zur Mitarbeit zu animieren.

Verschiedene Studien unterstützten den Prozess und führten zu den ersten gesetzlichen Bestimmungen zur Rücknahme und Verwertung von Computern und deren Peripheriegeräten. In Peru wurden 2012 und in Kolumbien 2013 nationale Gesetze verabschiedet, welche Herstellern, Importeuren und Grossverteilern eine erweiterte Produktverantwortung vorschreiben. Zusätzlich wurden verschiedene technische Normen erarbeitet und erlassen.

Als Resultat dieser gesetzlichen Rahmenbedingungen bildeten sich sowohl in Kolumbien als auch in Peru mehrere kollektive Rücknahmesysteme für ausgediente Elektronikaltgeräte. In Kolumbien gründeten neun Recyclingbetriebe im Jahre 2017 den Verband ACORAE, die erste Vereinigung der E-SchrottreCYcler Lateinamerikas. Auf Initiative der kollektiven Rücknahmesysteme Ecocomputo und Red Verde wurden 2016 und 2017 bei zehn Betrieben Erstaudits durch Empa-Experten durchgeführt, welche sich am internationalen Standard der CENELEC-Normenreihe SN EN 50625 orientierten. In Peru fanden ebenfalls Audits statt. Die Resultate sind beeindruckend: Die meisten Betriebe, welche manuelle Zerlegearbeiten durchführen, können mit den europäischen Anforderungen





Foto 2: Auditierung nach EN 50625 bei einem Recyclingbetrieb in Lima, Peru.

Foto 4: Die fünf Prinzipien und zugehörigen 17 Ziele.



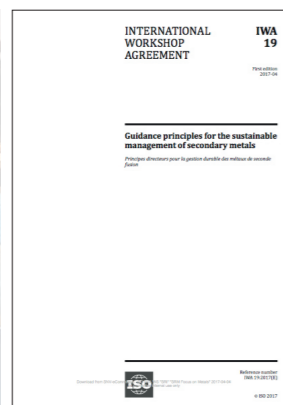
- 17 Ziele**
- 1.1** Ermöglichung sicherer und gesunder Arbeitsplätze.
  - 1.2** Festsetzung von ordentlichen und gerechten Arbeitszielen und -bedingungen.
  - 1.3** Abschaffung von Kinderarbeit, Zwangsarbeit und aller Arten von Diskriminierung.
  - 1.4** Sicherung der Versammlungsfreiheit sowie des Rechts auf Tarifverhandlungen.
  - 1.5** Bereitstellung klarer Kommunikationskanäle, um einen Dialog mit Arbeitern zu ermöglichen.
  - 2.1** Respekt vor und Förderung von Rechten lokaler Gemeinden.
  - 2.2** Ermöglichung sozialer Eingliederung von Arbeitern in der Gemeinschaft.
  - 2.3** Bereitstellung klarer Kommunikationskanäle, um einen Dialog mit lokalen Gemeinden zu ermöglichen.
  - 3.1** Erhalt und Schutz von Wasser, Luft und Bodenressourcen.
  - 3.2** Renaturierung von Regionen, die durch die Metallgewinnung stark beschädigt wurden.
  - 3.3** Erhalt und Schutz von Artenreichtum, Ökosystemen und Ökosystem-Diensten.
  - 4.1** Förderung von Technologien und Strategien zur Rückgewinnung von Sekundärmetallen.
  - 5.1** Evaluierung bestehender Ausgangsbedingungen von Sekundärmetallverfahren.
  - 5.2** Milderung negativer und Steigerung positiver Einflüsse von Geschäftsabläufen mit Hilfe eines Managementplans.
  - 5.3** Stärkung der organisatorischen Fähigkeiten von Wirtschaftsakteuren.
  - 5.4** Sicherstellung der Compliance mit lokalen und nationalen Gesetzen und Verordnungen.
  - 5.5** Beseitigung von Bestechung, Geldwäsche und Korruption.

Schritt halten. Verbesserungsbedarf besteht bei einzelnen Betrieben noch in der Schadstoffentfrachtung und im sachgemässen Umgang mit schadstoffhaltigen oder gefährlichen Komponenten, welche den Altgeräten entnommen werden, wie Lithiumbatterien, quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtungen aus Flachbildschirmen und Kunststoffen. Nach rund zehn Jahren Zusammenarbeit mit Kolumbien und Peru sind diese beiden Länder heute Vorreiter in Südamerika für einen nachhaltigen Umgang mit Elektro- und Elektronikaltgeräten. Die grösseren Rücknahmesysteme in Kolumbien, welche sich 2017 zu einer Dachorganisation zusammengeschlossen haben, planen in diesem Jahr den Beitritt zum WEEE-Forum.

Ziel der GP ist es, einen glaubwürdigen globalen Rahmen für die nachhaltige Bewirtschaftung von Sekundärmetallen zu schaffen. Sie zielen darauf ab, Wirtschaftsbeteiligten (zum Beispiel Einzelpersonen, Kleinst-, Klein- und Mittelbetriebe sowie Großunternehmen), Regierungen, Standardisierungsorganisationen und anderen interessierten Parteien Orientierungshilfe zu diesem Thema zu geben.

Jahren zu einer ISO-Norm weiterentwickelt werden muss. Dazu braucht es die konkrete Anwendungserfahrung im Feld.

Foto 3: Arbeitsgruppen bei der Entwicklung des Konzepts für die GP am WRF in Davos 2016 und das Resultat, das IWA 19 nach 18 Monaten intensiver Arbeit.



**Leitprinzipien für nachhaltiges Management von Sekundärmetallen**

Das SRI-Programm berief ab 2015 wichtige Stakeholder zu einem Roundtable ein, um die Entwicklung von «Leitprinzipien für nachhaltiges Management von Sekundärmetallen» (Guidance Principles oder einfach GP) voranzutreiben und um das Resultat schliesslich als ein International Workshop Agreement (IWA) im Rahmen der International Organization for Standardization (ISO) zu veröffentlichen. Dieser ISO-IWA-Prozess war ein konsensbildender Prozess, der vier Workshops mit anschliessenden öffentlichen Reviews umfasste und Ende 2016 mit der Veröffentlichung des IWA abgeschlossen wurde. Diese Aktivität wurde von der Schweizerischen Vereinigung für Normung (SNV) im Auftrag der ISO geleitet und vom SRI-Roundtable durchgeführt.

Die GP formulieren 17 Ziele eines nachhaltigen Managements von Sekundärmetallen, welche diesen fünf Prinzipien zugeordnet sind:

- Prinzip 1:** Ermöglichung sicherer, gesunder und gerechter Arbeitsbedingungen
- Prinzip 2:** Aufbau von Beziehungen und Resilienz lokaler Gemeinschaften
- Prinzip 3:** Erhaltung und Schutz der Umwelt und der natürlichen Ressourcen
- Prinzip 4:** Verbesserung der Rückgewinnung von Sekundärmetallen
- Prinzip 5:** Umsetzung eines nachhaltigen Managementansatzes

Die GP werden zurzeit in verschiedenen SRI-Projekten auf ihre Anwendbarkeit getestet, da das IWA innerhalb von drei

**Ausblick**

Die Erfolgsgeschichte von SRI und seines Vorgängers, des «Swiss E-Waste Program», wird voraussichtlich weitergehen. Zurzeit diskutiert SECO zusammen mit den Programmverantwortlichen, wie ab 2019 eine Weiterführung von SRI ausgerichtet und gestaltet werden könnte. Unabhängig davon werden sich die Errungenschaften dieser Programme als neues Wissen und Können in den Partnerländern und -organisationen durch die vielen beteiligten Personen weiterverbreiten und weiterentwickeln.

Weitere Infos zu SRI unter:  
[www.sustainable-recycling.org](http://www.sustainable-recycling.org)  
[www.sustainable-recycling.org/e-library/publications](http://www.sustainable-recycling.org/e-library/publications)  
[www.sustainable-recycling.org/wp-content/uploads/2015/06/161230\\_GPVersionDraft3.o.pdf](http://www.sustainable-recycling.org/wp-content/uploads/2015/06/161230_GPVersionDraft3.o.pdf)



# ADR-Konformität im Leuchtmittelrecycling

Roman Eppenberger

Leuchtmittel sind Sonderabfälle und erforderten lange nur einen Begleitschein für Sonderabfälle. Seit 1. Juli 2015 unterliegen die Leuchtmittel dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR). Was bedeutet das jetzt für die Rücknahme von Leuchtmitteln? Grundsätzlich gilt das ADR bezüglich Leuchtmitteln nicht für Privatpersonen. Eine Privatperson kann ohne Vorschriften die alten Leuchtmittel aus seinem Haushalt an eine Verkaufsstelle oder Sammelstelle bringen.

Für die professionellen/gewerblichen Betriebe ändert sich aber einiges. Die ADR-Vorschriften gelten nicht für alle Leuchtmittel, sondern nur für «Leuchtmittel, die gefährliche Güter enthalten». Das gefährliche Gut ist im Falle der Leuchtmittel das Quecksilber. Aber auch das gilt nicht für alle quecksilberhaltigen Leuchtmittel. Solange die Quecksilbermenge unterhalb von einem Gramm pro Leuchtmittel liegt, kommt die Sondervorschrift SV 366 zum Tragen.

Die SV 366 schreibt einige Bedingungen vor, damit diese «Freistellung» gültig ist. Je Leuchtmittel darf höchstens ein Gramm Quecksilber enthalten sein, je Versandstück dürfen höchstens 30 Gramm Quecksilber enthalten sein. Das Quecksilber muss ausserdem im Versandstück eingeschlossen bleiben. Im ADR-Jargon nennt man das eine Vollverpackung. Die Verpackung muss auf allen sechs Seiten (unten, oben, Seiten) geschlossen sein. Falls diese Verpackung aus einer Höhe von 1,20 Meter herunterfällt, darf der Inhalt zwar zerbrechen, aber das quecksilberhaltige Pulver darf nicht aus der Verpackung austreten. Die weiteren Bedingungen der SV 366 sind problemlos eingehalten, denn eine Leuchtstoffröhre enthält weniger als 0,005 Gramm (5 Milligramm) Quecksilber. Und wenn eine prall gefüllte Rungenpalette ohne Einlage maximal 1500 Leuchtstoffröhren fasst, befinden wir uns ebenfalls unterhalb der Grenze von 30 Gramm Quecksilber für das Versandstück.

## Wie sieht die Situation nun für den Transport von Leuchtmitteln aus?

Bei den Sonderformen ist keine Änderung notwendig, solange sie in Paletten oder Paloxen mit PE-Inliner-Bags transportiert werden. Die PE-Inliner-Bags müssen für den Transport zugebunden werden, der Transport ist dann konform gemäss der SV 366 (siehe Foto 1).

Für die stabförmigen Leuchtmittel sieht die Situation aber anders aus, da die aktuell verwendete Transportform der geschrumpften Rungenpaletten den Test für eine Vollverpackung nicht besteht (siehe Foto 2).

Daher hat sich SENS im Markt umgesehen und ist auf eine Lösung gestossen, die in Deutschland schon seit einiger Zeit erfolgreich im Einsatz ist. Die Lösung beinhaltet eine Einlage in der Rungenpalette, die nach der Befüllung abschliessend geschrumpft wird. Auf der Webseite von SENS ist im Bereich Downloads ein Film zu finden, der die Installation dieser Einlage zeigt (siehe Foto 3).

Diese Einlagen werden Anfang 2018 rollend im Markt eingeführt. Die vollständige Einführung wird sich aber sicher noch bis ins Jahr 2019 hinziehen. Grundsätzlich sind auch andere Verpackungsvarianten möglich, solange sie SV-366-konform sind. Als Beispiele sind Kunststoff- oder Metallboxen zu nennen, die schon mit einem Prüfzertifikat ausgestattet sind.

Fotos 1–3: Der Transport von Leuchtmitteln



Foto 1: Das ist konform.



Foto 2: Diese Lieferform ist nicht mehr konform.



Foto 3: Diese Lieferform ist nun ADR-konform.

SENS/SLRS hat sich für die Lösung mit den Einlagen entschieden, damit die doch sehr weit verbreitete Anwendung der Rungenpaletten weiterhin gewährleistet werden kann.

## ADR (Wikipedia)

Das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (Abkürzung ADR, von Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route), das am 30. September 1957 in Genf geschlossen wurde, enthält besondere Vorschriften für den Strassenverkehr hinsichtlich Verpackung, Ladungssicherung und Kennzeichnung von Gefahrgut.

## Würdigung von Robert Hediger

### Geschäftsführer der SENS von 1991 bis 2008



Dr. nat. sc. Robert Hediger

Robert Hediger hatte 1990 mit Erfolg einen Auslandsaufenthalt in Australien abgeschlossen, wo er als Wissenschaftler im Bereich Gentechnik bei Rindern und Schafen geforscht und sich dabei eine Spitzenposition in der Forschung erarbeitet hatte. Zurück in der Schweiz musste er feststellen, dass die Professuren an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) oder der Universität Zürich für eine akademische Laufbahn in seinem Bereich auf Jahre hinaus besetzt waren. Also hielt er Ausschau nach etwas Neuem. Ich bot ihm die Stelle als Geschäftsführer der vor Kurzem gegründeten Stiftung Entsorgung Schweiz an. Das Angebot überzeugte ihn, und er nahm seine Tätigkeit im Januar 1991 auf.

Kurz zuvor erhielt die SENS vom Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz (FEA) den Auftrag, ein Konzept für die flächendeckende Kühlgeräteentsorgung in der Schweiz zu erarbeiten. In den ersten Monaten des Jahres 1991 wurde intensiv für die Bereiche Technik, Logistik und Finanzierung an zweckmässigen und pragmatischen Lösungen gefeilt. Im Sommer 1991 wurden die Resultate dem FEA und der von ihm gegründeten Interessengemeinschaft Logistik präsentiert und die SENS in der Folge mit dem Vollzug betraut. Am 1. November 1991 startete die SENS mit der ersten Kühlschrankschrankvignette, die der Konsument kaufen musste, um sein altes Kühlgerät zu entsorgen. Die erfolgreiche Entwicklung der Vignette mit Barcode und des gesamten Prozessablaufs waren das Werk von Robert Hediger, der sich dieser Verantwortung voll hingab. Er war ein ausgesprochener Team-Player, der sich über die vielen Jahre ein hervorragendes

Netzwerk aufgebaut hatte mit Personen, die in ihrem Bereich hoch kompetent waren und denen er blind vertrauen konnte. Das gestattete ihm, die Geschäftsstelle klein zu halten und mit kompetenten Freelancern eine starke Organisation zu bilden. Nach der Überführung der Geschäftsstelle von Aarau nach Zürich, wo er eine Zeit lang 50% für die SIGA ASS (Vorgängerorganisation der PUSCH Praktischer Umweltschutz) arbeitete, folgten der Umzug und der Aufbau der Geschäftsstelle an der Obstgartenstrasse. Von Anfang an war es ein grosses Anliegen der SENS, eine hohe Transparenz der Stoff- und Güterflüsse zu erreichen, und dass unsere Recycler auch die von uns festgelegten Standards erfüllten. Dieses Ziel erreichte Robert Hediger mit dem Aufbau der TK SENS, die den Auftrag hatte, die Recyclingbetriebe in Bezug auf die Einhaltung der SENS-Auflagen regelmässig zu kontrollieren. Dabei ging es von Anfang an nicht einfach nur um das Ausfüllen von Tabellen, sondern es ging darum, dass der Recyclingbetrieb als Ganzes die im Recyclingvertrag festgehaltene Aufgabe richtig wahrnahm.

Die Umstellung von der Vignette als direkte Entsorgungsgebühr auf die vorgezogene Recyclinggebühr im Zeitraum 2001/2002 war rückblickend eines der anspruchsvollsten Projekte, die Robert Hediger als Geschäftsführer der SENS bravourös meisterte. Denn es ging nicht nur darum, ein eigenes IT-System aufzubauen (statt ein bestehendes System zu übernehmen, mit viel Aufwand umzubauen und dann jährlich teure Lizenzen abzuliefern), sondern auch darum, den finanziellen Aufwand vor allem der ersten sechs Monate abzuschätzen. Als Geschäftsführer eines der führenden Rücknahmesysteme in Europa war Robert Hediger an der Gründung des WEEE-Forums beteiligt, in dem wir über Jahre ein Dream-Team bildeten – er als Vorsitzender des Projekts Waste Electric and Electronic Equipment Label of Excellence (WEEELABEX) und ich als Präsident. Im WEEE-Forum gelang es, wesentliche Teile des Schweizer Standards für das Recycling von Elektro- und Elektronikgeräten in einen europäischen Standard zu überführen. Die SENS ist Robert Hediger für sein Wirken als erster Geschäftsführer stets zu grossem Dank verpflichtet.

Dr. Andreas Rothlisberger, Präsident Stiftungsrat SENS  
Zürich, Februar 2018

## Würdigung von Emil Franov

### Am 10. August 2017 verstarb Emil Franov im Alter von 48 Jahren



Emil Franov

Als diplomierter Umweltnaturwissenschaftler an der ETH Zürich begann Emil Franov 1996 seine Tätigkeiten als Umweltberater. Er war fünf Jahre als Umweltberater in einem internationalen Dienstleistungsunternehmen tätig. Seit 2001 arbeitete er bei der Carbotech AG in Basel als Berater, Projekt- und Bereichsleiter sowie als Mitglied der Geschäftsleitung. Seine Schwerpunkte waren Umweltberatung, Ökobilanzen und Compliance. Er hatte diverse Mandate für jährliche Betriebsökobilanzierungen und Erhebungen von Umweltkennzahlen nach verschiedenen internationalen Standards. Seit 2002 war er Kontrollexperte und Mitglied der TK SENS.

Dank der langjährigen Zusammenarbeit mit SENS erweiterte Emil Franov sukzessive seine Aktivitäten und seine Kenntnisse und spezialisierte sich auf das Recycling von Haushaltsgrossgeräten und Leuchtmitteln. Im Weiteren war er auch ausgebildeter WEEELABEX-Leadauditor von SENS und war somit mit der Situation in Europa bestens vertraut. In der Nachhaltigkeitskommunikation von SENS bildete er eine wichtige Stütze, indem er die Ökobilanz für 25 Jahre SENS konzipierte und die abstrakten Umweltzahlen mit anschaulichen Darstellungen vermittelte. Er führte die Auditoren Flora Conte und Silvan Rüttimann in die TK SENS/Swico ein und unterstützte sie erfolgreich bei deren Einarbeitung.

Emil Franov wurde in seinem Berufsumfeld von allen Seiten sehr geschätzt. SENS erachtete ihn als kompetenten Partner und als guten Zuhörer, der immer tragfähige und pragmatische Lösungen suchte. Diesen Eindruck teilten auch die von

ihm auditierten Recycler. Man erinnert sich an Emil Franov als immer freundlichen, angenehmen, interessanten und interessierten Menschen. Er teilte sein Wissen und seine Ideen mit allen. Seine Überlegungen und Einstellungen bleiben heute allgegenwärtig.

Für Emil Franov war der Umweltschutz ein Hauptanliegen. Er war sich der Dringlichkeit der globalen Probleme bewusst und vermittelte sein Wissen dazu auf eine Art, die jedem zeigte, dass Handeln möglich und machbar ist. So lebte Emil Franov seine ökologischen Überzeugungen konsequent. Im Alltag, beim Wohnen, beim Essen oder beim Transport – die Schonung der Umwelt trug zu jeder seiner Entscheidungen bei. Er war ein Beispiel und Vorreiter für all die, die zu mehr Nachhaltigkeit beitragen wollen und ein motivierender Hinweis für diejenigen, die sich bis jetzt nicht mit Umweltauswirkungen auseinandergesetzt haben. Gleichzeitig ging Emil Franov mit viel Achtsamkeit und Einfühlungsvermögen mit seinen Mitmenschen um und strahlte Lebensfreude aus. Dies wirkte sich auf seine Familie und sein Arbeitsumfeld aus, denen er viel Positives weitergeben konnte.

Emil hinterlässt eine grosse Lücke. Wir sind alle glücklich und dankbar, ihn kennengelernt und seine Tatkraft sowie seine lebenswürdige und warme Art erlebt zu haben.

Flora Conte und Roman Eppenberger





**Heinz Böni**

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



**Flora Conte**

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

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



**Niklaus Renner**

Niklaus Renner studierte Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich. Seit 2007 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei der IPSO ECO AG in Rothenburg (ehemals Roos + Partner AG, Luzern) tätig. Im Rahmen diverser Studien befasst er sich mit der Umweltverträglichkeit des Altmetall- und Altgeräte-recyclings. Für die Stiftungen SENS und SLRS war er unter anderem an einer Erhebung zum Quecksilbergehalt von Fraktionen der Leuchtmittelverarbeitung beteiligt. Daneben widmet er sich dem Monitoring des Umweltrechts, der Pflege des Legal-Compliance-Tools LCS sowie altlasten- und bodenschutzrechtlicher Gutachtertätigkeit.



**Daniel Savi**

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



**Patrick Wäger**

Nach dem Chemiestudium an der ETH Zürich und einer anschliessenden Dissertation am Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich war Patrick Wäger zwei Jahre als Umweltberater bei der Elektrowatt Ingenieurunternehmung in Zürich tätig. Seither hat er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter an der Empa in zahlreichen Forschungsprojekten zu Abfallentsorgung und Rückgewinnung von Rohstoffen aus End-of-Life-Produkten mitgewirkt, ist als Kontroll-experte für Swico tätig und war vorübergehend auch Lead-Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001. Patrick Wäger hat verschiedene Lehraufträge im Bereich Umwelt- und Ressourcenmanagement und ist unter anderem Mitglied des Vorstandes der Schweizerischen Akademischen Gesellschaft für Umweltforschung und Ökologie (SAGUF). Zudem leitet er seit 2016 die Abteilung Technologie und Gesellschaft.



**Michael Gasser**

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.



**Arthur Haarman**

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.



**Dr. Geri Hug**

Nach seinem 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 (ehemals Roos+Partner AG, Luzern). Von 1994 bis 2011 war er Partner, ab 1997 auch Geschäftsführer der IPSO ECO AG. Er bietet Umweltberatung in 15 Branchen gemäss EAC-Codes, begleitet Umweltaudits und erstellt Umweltverträglichkeitsberichte gemäss UVPV. Weiter erstellt Geri Hug Kurzberichte und Risikoanalysen nach StfV sowie Betriebs- und Produktökobilanzen und validiert Umweltberichte. Geri Hug ist Kontrollbeauftragter der Stiftung SENS für den Bereich Elektro- und Elektronikentsorgung sowie Lead-Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001 bei der SGS. Er ist Mitglied der CENELEC-Arbeitsgruppe für die Entwicklung von Standards zum umweltgerechten Recycling von Kühlgeräten.



**Rolf Widmer**

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

### Internationale Links

[www.weee-forum.org](http://www.weee-forum.org)

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

[www.step-initiative.org](http://www.step-initiative.org)

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

[www.basel.int](http://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](http://www.weee-europe.com)

Die WEEE Europe AG ist ein Zusammenschluss aus 15 europäischen Rücknahmesystemen und ermöglicht seit Januar 2015 Herstellern und anderen Marktteilnehmern die Erfüllung ihrer unterschiedlichen nationalen Pflichten aus einer Hand.

### Nationale Links

[www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch)

[www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch)  
[www.slr.ch](http://www.slr.ch)

[www.swissrecycling.ch](http://www.swissrecycling.ch)

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

[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

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

[www.bafu.admin.ch](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://www.ar.ch/afu)

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

[www.interkantlab.ch](http://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](http://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](http://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](http://www.zebazug.ch).

### Kontakt

Stiftung SENS

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

Technische Kontrollstelle SENS

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

Swico

Josefstrasse 218  
8005 Zürich  
Telefon +41 44 446 90 94  
Fax +41 44 446 90 91  
info@swicorecycling.ch  
www.swicorecycling.ch

Technische Kontrollstelle Swico

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

Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)

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

### Impressum

Herausgeberin

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



Umschlag: Gedruckt auf Cocoon Offset, weiss  
Inhalt: Gedruckt auf Cocoon Preprint, weiss

Der Fachbericht erscheint auf Deutsch, Englisch und Französisch und ist unter [www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch), [www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch) und [www.slr.ch](http://www.slr.ch) als PDF abrufbar.

© 2018 SENS, Swico, SLRS  
Abdruck erwünscht mit Quellenangabe und Belegexemplar an die SENS, Swico, SLRS



