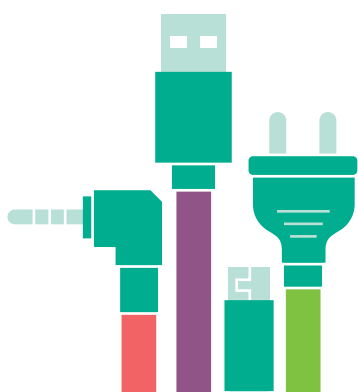


# FACH- BERICHT 2022





# Fachbericht

2022

<b>01</b>	Vorwort	3
<b>02</b>	Porträt Recyclingsysteme	4–5
<b>03</b>	Technische Kommission Swico/SENS	6–7
<b>04</b>	Mengen 2021	8–11
<b>05</b>	Kühlgeräte	12–15
<b>06</b>	ReUse im Kanton Genf	16–17
<b>07</b>	CENELEC Revision	18–19
<b>08</b>	Vorschaltgeräte	20–23
<b>09</b>	LED-Recycling	24–25
<b>10</b>	Kondensatoren in Netzteilen	26–29
<b>11</b>	E-Waste Auditor Training Ghana im SRI-Programm	30–31
<b>12</b>	EAG-Kunststoffrecycling	32–33
<b>13</b>	Swico Innovationsfonds	34–35
<b>14</b>	Fachkurs Recycling für Sozialhilfebeziehende	36–37
<b>15</b>	25 Jahre technische Kontrollstellen SENS und Swico	38–41
<b>16</b>	Autoren	42–43
<b>17</b>	Links	44
<b>18</b>	Kontakt und Impressum	45



# Mit Rückenwind Richtung Kreislaufwirtschaft

Frühlingserwachen! Nach zwei herausforderungsreichen, von Unsicherheiten und zeitweisem Stillstand geprägten Jahren, kann die Schweizer Recyclingbranche mit Zuversicht und Optimismus in die Zukunft schauen. Wichtige Weichenstellungen auf politischer Ebene und brancheninterne Umstrukturierungen sorgen für frische Impulse und willkommenen Rückenwind.

Lange wurde er erwartet, seit letztem Herbst ist er da: der Entscheid des Bundesrates zur VREG. Die Genehmigung der technischen Revision der Verordnung trägt dazu bei, das Recycling von Altgeräten weiter zu stärken und den Ressourcenkreislauf noch effizienter zu schliessen.

Erwähnenswert sind die Ausdehnung des Geltungsbereichs und die Konkretisierung des Gerätecatalogs sowie die damit einhergehende Angleichung an die Geräteliste der EU.

Mit grossem Interesse verfolgten wir die Diskussionen rund um die parlamentarische Initiative zur Änderung des Umweltschutzgesetzes – und nahmen daran auch aktiv teil. Die anvisierte Gesetzesänderung bietet eine grosse Chance, zeitgemässe Rahmenbedingungen für eine moderne, umweltschonende Kreislaufwirtschaft in der Schweiz zu schaffen, bewährte Branchenvereinbarungen zu stärken und gleichzeitig eine gesetzliche Grundlage für die Finanzierung von Entsorgungslösungen für Elektroaltgeräte zu schaffen.

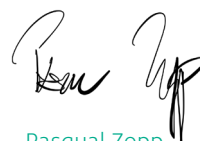
Auch branchenintern bleiben wir nicht stehen. So haben sich SENS eRecycling und SLRS entschlossen, ihre Kräfte zu bündeln. Bereits seit über 15 Jahren arbeiten die beiden

Organisationen erfolgreich zusammen. Um auch in Zukunft als privatwirtschaftliche Rücknahmesysteme bestehen zu können, sind Vereinfachungen der Strukturen und Prozesse jedoch zwingend. Auch vor diesem Hintergrund haben die beiden Stiftungen beschlossen, nicht nur zu kooperieren, sondern zu fusionieren.

Ein verlässlicher Rückhalt in der Politik, eine grosse Solidarität innerhalb der Branche und eine unvermindert hohe Akzeptanz in der Bevölkerung: Die Voraussetzungen sind gut, um den immer dynamischer werdenden Entwicklungen auf dem Gebiet des eRecyclings mit innovativen Ideen zu begegnen und die daraus resultierenden Herausforderungen erfolgreich zu meistern – und uns somit verstärkt in Richtung einer echten Kreislaufwirtschaft zu bewegen.



Judith Bellaiche  
Swico



Pasqual Zopp  
SENS

# Swico, SENS und SLRS – Kompetent und nachhaltig

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

Anlässlich der laufenden Revision der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) haben SLRS und SENS entschieden, ihre bereits enge Partnerschaft zu intensivieren.

Rückwirkend per 1. Januar 2021 haben die beiden Stiftungen fusioniert und sich zu einem gemeinsamen Netzwerk zusammengeschlossen. SENS hat sämtliche Kooperationen der SLRS übernommen und führt diese gemäss den Vereinbarungen mit den Kooperationspartnern weiter aus. Die mit dem Zusammenschluss einhergehende Vereinfachung der Strukturen und Prozesse bietet viele Vorteile. So wurde branchenübergreifend für Kunden und Leistungspartner ein «Single Point of Contact» geschaffen. Eine wichtige Voraussetzung für ein privatwirtschaftliches Rücknahmesystem, um auch in Zukunft die für die Zweckerfüllung erforderlichen Mittel optimal zu beschaffen und effizient und effektiv einzusetzen.

Die Aufteilung auf ehemals drei und nunmehr zwei Rücknahmesysteme hat historische Gründe, da in den Anfangsjahren des institutionalisierten Recyclings branchenspezifische Systeme aufgebaut wurden. Diese dienten dem Zweck, die Nähe zur jeweiligen Branche zu gewährleisten, um damit auf deren spezifische Bedürfnisse eingehen zu können. Dadurch konnten auch anfängliche Vorbehalte gegen die bis heute

freiwillige Teilnahme an einem Rücknahmesystem abgebaut werden. Je nachdem, um welche Art von elektrischem oder elektronischem Gerät es sich handelt, ist heute entweder Swico oder SENS für die Rücknahme zuständig. Im Jahr 2021 wurden von den beiden Systemen rund 127 100 Tonnen ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit haben Swico und SENS bedeutend dazu beigetragen, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten. Mit der internationalen Vernetzung der 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 VREG verpflichtet Händler, Hersteller und Importeure, Geräte, die sie im Sortiment führen, kostenfrei zurückzunehmen. Um ein nachhaltiges und umweltbewusstes Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten wettbewerbsgerecht finanzieren zu können, wird bereits beim Kauf solcher Geräte eine vorgezogene Recyclinggebühr (vRG) erhoben. Die vRG ist ein effizientes Finanzierungsinstrument, welches gewährleistet, dass sich Swico und SENS der fachgerechten Bearbeitung ihres jeweiligen Gerätebereichs annehmen sowie den Herausforderungen der Zukunft stellen können.

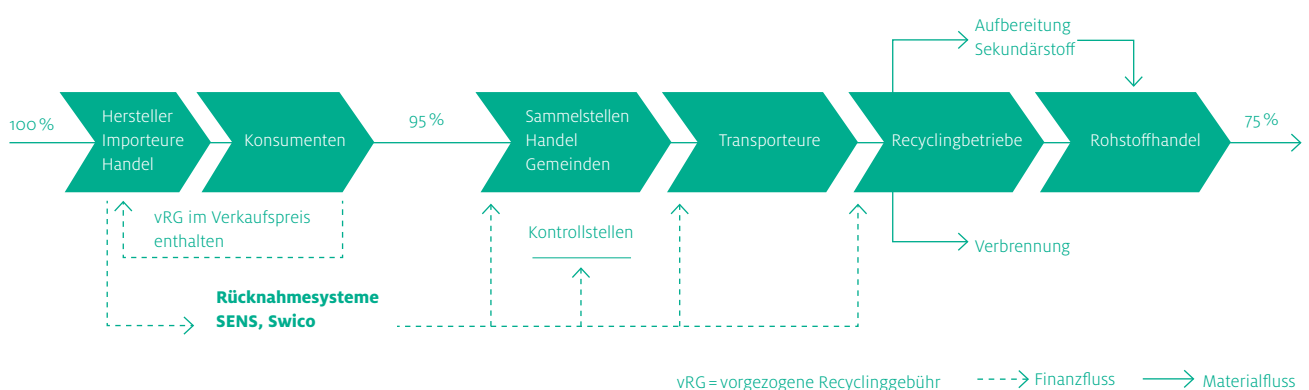
## SENS

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 und Photovoltaik. Seit Januar 2021 übernimmt sie ebenfalls die Organisation der flächendeckenden Entsorgung von Leuchten und Leuchtmitteln, welche bis anhin durch die SLRS ausgeführt wurde. 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.

Abbildung 1: Die Rücknahmesysteme im Überblick.



# Technische Kommission

## Swico/SENS: VREG, Netzteile und Lithium-Ionen-Batterien

Heinz Böni und Roman Eppenberger

Das zweite Coronajahr war auch in der gemeinsamen Technischen Kommission von Swico und SENS ein Mix aus Distanzhalten und sich wieder begegnen. Der Ausschuss traf sich dreimal virtuell. Im Herbst wurden eine Weiterbildung zum Thema Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien sowie ein physisches Meeting der gesamten Kommission durchgeführt.

Bezüglich der mit Spannung erwarteten revidierten Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) war 2021 das Jahr der grossen Enthüllung. Es herrschte lange Zeit Unklarheit, wie die Zukunft der Auditierung der Recyclingbetriebe nach dem Inkrafttreten der neuen Rechtsgrundlage aussehen würde. Eine Auditierung, welche seit 25 Jahren Bestand hatte und die Entwicklungen auf europäischer Ebene, aber auch in einzelnen Entwicklungsländern massgebend mitprägte (siehe separater Artikel). Der Entwurf zur Vernehmlassung vom Mai 2020 sah eine staatlich regulierte Finanzierung von Sammlung, Transport und Behandlung sowie eine Zentralisierung der Kontrolle vor. Vor diesem Hintergrund hatte die Technische Kommission einige geplante Aktivitäten zurückgestellt, u. a. die Entwicklung eines neuen Materialflusserfassungssystems, aber auch die Weiterentwicklung verschiedener Auditdokumente. Im Herbst 2021 öffnete sich schliesslich der Mantel der Verschwiegenheit über dem neuen Verordnungstext. Erfreulicherweise wird sich am System nichts ändern. Die Kontrolle der von den Systemen beauftragten Recyclingbetriebe und deren Partner obliegt weiterhin den Rücknahmesystemen Swico und SENS eRecycling.

### Netzteile als mögliche Schadstoffträger

Inhaltlich lagen die Schwerpunkte der Tätigkeiten der Technischen Kommission Swico/SENS auf den Netzteilen und den Lithium-Ionen-Batterien. Die im Jahre 2019 abgeschlossene Kondensatorenstudie hatte u. a. gezeigt, dass eine wesentliche Quelle für Elektrolytkondensatoren > 25 mm auch in Netzteilen (z. B. von Laptops) zu finden ist. Bisher wurde dieser Tatsache wenig Beachtung geschenkt. Netzteile werden von den Recyclingbetrieben meist als Handelsware weiterverkauft.

Die Abnehmer verarbeiten diese dann weiter. In welchem Zustand die Kondensatoren aus den Recyclingprozessen hervorgehen und ob damit eine Schadstoffentfrachtung nach den Anforderungen der SN EN 50625 Normenreihe sichergestellt ist, blieb damit bis anhin weitgehend offen. Im vergangenen Jahr wurde deshalb bei allen Recyclingbetrieben die Folgebehandlung der Netzteile geklärt. Dafür wurden spezielle Batchversuche (händisch und mechanisch) durchgeführt, welche u. a. aufzeigen sollten, ob die Kondensatoren über die Wirbelstromabscheidung in einem unterscheid- und kontrollierbaren Strom abgetrennt werden können und wie hoch der Grad der Beschädigung ist.



Foto 1: Teilnehmer der Weiterbildung (von links nach rechts): Manuele Capelli, Daniel Savi, Roman Eppenberger, Flora Conte, Roger Gnos, Anahide Bondolfi, Heinz Böni, Niklaus Renner, Stephanie Conrad.





Foto 2: Phase 1 – Der «Thermal Runaway» (Kettenreaktion im Akku) aufgrund des Kurzschlusses einzelner Zellen.

### Gefahren im Umgang mit Lithiumbatterien

Da Lithium-Ionen-Batterien entlang der ganzen Recyclingkette ein enormes Brandrisiko darstellen, wurde im Herbst unter Leitung von Viktor Häfeli eine spezielle Schulung durchgeführt. Im «Swiss Fire Center» in Zofingen wurde nicht nur ein grosses Bündel Theorie vermittelt, sondern es wurde auch auf eine eindrückliche Art und Weise demonstriert, was passiert, wenn sich einzelne Zellen einer Batterie kurzschliessen. Die Theorie umfasste u. a. die Fragen rund um Massnahmen und Schutzvorkehrungen zur Brandverhütung und die Anforderungen an einen korrekten Umgang mit diesem Batterietyp bei Sammlung, Transport und Recycling.

Auf Seite der Auditoren gab es zwei Veränderungen: Charles Marmy hat das Swico-Auditteam Mitte 2021 verlassen. Er wurde ersetzt durch Manuele Capelli, der 2021 eine Einführung in die Audittätigkeit bekommen hat und ab 2022 als Auditor tätig sein wird. Bei SENS neu dazu gestossen ist Thekla Scherer von der Ipso Eco AG. Auch sie wird ab 2022 in die Audittätigkeit einsteigen. Das Auditteam umfasst derzeit neun Auditoren und Auditorinnen: Anahide Bondolfi, Andreas Bill, Heinz Böni, Manuele Capelli, Stephanie Conrad, Flora Conte, Niklaus Renner, Daniel Savi und Thekla Scherer.



Foto 3: Phase 2 – Der Akku ist im Vollbrand und erzeugt eine enorme Hitzewelle.



Foto 4: Phase 3 – Die Rückstände nach Abschluss des Brandversuches.

# Konstante Sammelmengen und leichte Veränderung der Zusammensetzung

Flora Conte und Fabian Elsener

Die verarbeitete Menge an Elektro- und Elektronikaltgeräten bleibt im langjährigen Durchschnitt, sinkt jedoch leicht. Die Zusammensetzung nach einzelnen Kategorien verändert sich weiter. Bei den Elektrogrossgeräten und Elektronikgeräten sind die Mengen gefallen, was durch höhere Mengen bei Elektroklein-geräten teilweise kompensiert wurde.

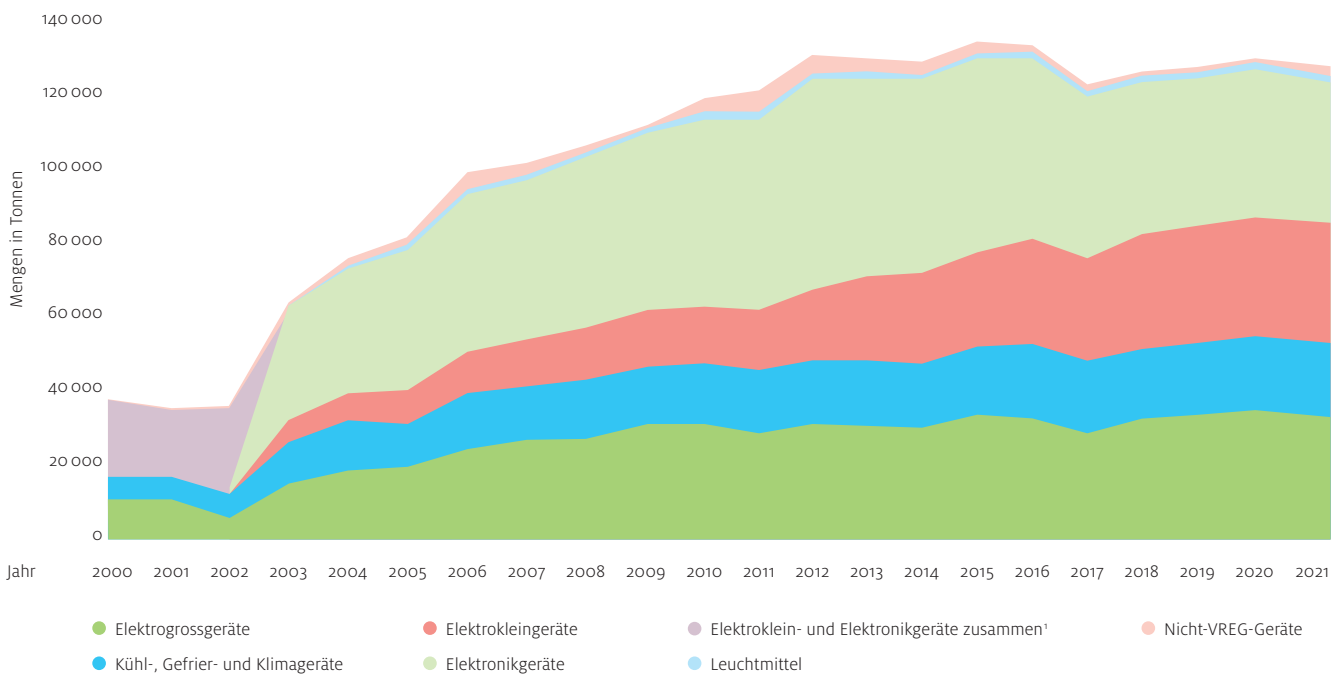
Im Jahr 2021 haben die Swico- und Sens-Recyclingbetriebe rund 127 100 Tonnen Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) verarbeitet. Im Vergleich zum Vorjahr zeigt dies eine leichte Abnahme. Die Menge bleibt aber im langjährigen Durchschnitt (Tabelle 1 und Abbildung 1). Die langjährigen Veränderungen in den verschiedenen Kategorien gehen jedoch weiter. Die Menge an Kompressorgeräten (Kühl-, Gefrier- und

Klimageräte) und an Leuchtmitteln bleibt konstant. Die Menge der Elektronikgeräte (-9%) nimmt entsprechend dem langjährigem Trend, unter anderem aufgrund des Rückgangs von schweren Röhrenbildschirmen von Computermonitoren und Fernsehern, weiter ab. Bei den Elektrogrossgeräten ist seit einer Änderung der Erfassungsmethodik im Jahr 2017 das erste Jahr eine Abnahme (-5%) zu beobachten. Einer

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

Jahr	Elektro-grossgerät	Kühl-, Gefrier- und Klimageräte	Elektroklein-geräte	Elektronik-geräte	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
2018	34 200	19 900	27 600	41 900	1100	300	1 000	125 900
2019	35 800	19 900	28 700	41 000	1 000	300	1 000	127 600
2020	37 100	20 100	29 800	40 600	1 000	200	1 000	129 800
2021	35 300	20 200	31 300	36 900	1 000	500	1 900	127 100
<b>Veränderung gegenüber Vorjahr</b>	<b>-5%</b>	<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b>-9%</b>	<b>0%</b>	<b>150%</b>	<b>90%</b>	<b>-2%</b>

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



der möglichen Gründe dafür könnte sein, dass tendenziell das Durchschnittsgewicht gewisser Grossgeräte sinkt: mehr Kunststoffe, weniger Metalle. Bei den Elektrokleingeräten ist wie im Vorjahr ein weiterer Anstieg zu beobachten (+5%). Seit Beginn der Verarbeitung von Photovoltaik-Ausrüstung wurde 2021 die höchste Menge verarbeitet. Dies könnte unter anderem an den vielen Hagelschäden liegen. Die Menge von Nicht-VREG-Geräten, welche nicht in den Listen der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) aufgeführt sind, hat sich im Vergleich zum Vorjahr fast verdoppelt.

### Wertstoffverwertung

Aus den verarbeiteten EAG werden durch manuelle und maschinelle Verarbeitung Wert- und Schadstofffraktionen gewonnen (Abbildung 2). Die grösste Wertstofffraktion bilden die Metalle mit 60%. Kunststoff-Metall-Gemische (20%) und Kunststoffe (8%) sind die zwei nächstgrössten Fraktionen. Der Anteil des Glases aus der Bildröhrenverarbeitung hat im Vergleich zum Vorjahr um weitere 10% abgenommen und beträgt noch 0,7%. Die besonders wertvollen Leiterplatten machen nur 1,2% der Gesamtmenge aus. Dennoch lohnt es sich oft, diese Materialien vorgängig zur mechanischen Verarbeitung manuell zu entfernen und sie möglichst vollständig zurückzugewinnen.

Die Wertstofffraktionen von den Sens- und Swico-Recyclingbetrieben werden einer weiteren Verarbeitung zugeführt.

Dort werden sie stofflich oder thermisch verwertet. Sens- und Swico-Recyclingbetriebe haben für die weitere Verarbeitung Stoffflussnachweise zu erbringen, welche die Folgebehandlung dieser Fraktionen beschreiben. Gewisse Folgeabnehmer werden von den Auditorinnen und Auditoren der TK SENS Swico auditiert, Eisenmetalle werden grundsätzlich in schweizerischen Schmelzwerken und Nichteisenmetalle in europäischen Schmelzwerken endgültig verarbeitet. Kunststoff-Metall-Gemische werden weiter getrennt, je nach Trennungverfahren und Zusammensetzung werden hierbei die Metalle und teilweise auch die Kunststoffe zurückgewonnen. Gewisse gemischte Fraktionen gelangen weiterhin direkt in die thermische Verwertung, wobei dieser Anteil in den letzten Jahren dank neuer Verarbeitungsmöglichkeiten wie beispielsweise für Tonerkartuschen und Sortieranlagen für Kunststoff-Metall-Gemische stark abgenommen hat. Auch Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien werden speziellen Verwertungsverfahren, oft im Ausland, zugeführt.

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

### Schadstoffentfrachtung

Der Anteil an erzeugten Schadstofffraktionen macht rund 1% der Gesamtmenge aus (Abbildung 2). Die Schadstoffentfrachtung gehört neben der Rückführung von Wertstoffen in den Materialkreislauf zur Hauptaufgabe der Schweizer Recyclingbetriebe. Die Schadstoffe werden entweder in Zerlegebetrieben händisch entfernt, oder mit spezialisierten Verfahren maschinell abgetrennt. So werden zum Beispiel Kondensatoren aus Haushaltgrossgeräten oder Vorschalgeräten herausgenommen, Batterien aus Elektronikgeräten entfernt. Die Schadstoffentfrachtung und der Umgang mit den Schadstoffen muss dabei stetig den veränderten Technologien und neusten Erkenntnissen angepasst werden. So können quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtungen aus Flachbildschirmen neuerdings auch maschinell schadstoffentfrachtet werden. Die Betriebe müssen aber auch weiterhin in der Lage sein, die Schadstoffe aus älteren Gerätegenerationen sachgerecht zu entnehmen und 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 2021 hat Swico Recycling 43 200 Tonnen<sup>1</sup> Elektronikgeräte zurückgenommen, das sind gleichviel zum Vorjahr 8% weniger. Aufgrund der COVID-19-Pandemie wurden weniger Grosskopiergeräte entsorgt, was fast die Hälfte des Rückgangs erklärt. Die zurückgenommenen Massen und Stückzahlen von CRT-Monitoren und -Fernsehern sinken weiter und setzen so den langfristigen Trend fort. Die Menge an zurückgenommenen Flachbildschirm-Monitore ist im Vergleich zum Vorjahr um 10% gesunken, wobei die Menge an zurückgenommenen Flachbildschirm-Fernsehern ungefähr

gleichblieb. Zusätzlich nahm die verarbeitete Menge an PC, Laptops, Druckern, Kopiergeräten und sonstigen IT-Geräten ab, was auf einen Rückgang der Stückzahlen zurückzuführen ist. Die Stückzahl der Mobiltelefone steigt weiter, was bei gleichbleibendem Gewicht eine Erhöhung der verarbeiteten Menge bedeutet. In der Kategorie Unterhaltungselektronik blieben sowohl das Durchschnittsgewicht wie auch die Anzahl relativ konstant.

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

Seite 10

<sup>1</sup> Diese Zahl ist grösser als die 36 900 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Seite 11

<sup>2</sup> FPD: Flachbildschirme, verschiedene Technologien (LCD, Plasma, OLED und andere).

<sup>3</sup> IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PCs/Server, Laptops, Drucker, Grosskopierer/Grossgeräte.

<sup>4</sup> Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte.

<sup>5</sup> Hochrechnung.

<sup>6</sup> Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen.

<sup>7</sup> Diese Zahl ist grösser als die 36 900 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben.

Quelle: Fabian Elsener, Carbotech, auf der Basis von Verarbeitungs- und Warenkorbanalysen Swico (2021).

Abbildung 2: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2021. Separat ausgewiesen sind Schadstoffe, welche insgesamt nur 1% der erzeugten Fraktionen ausmachen.

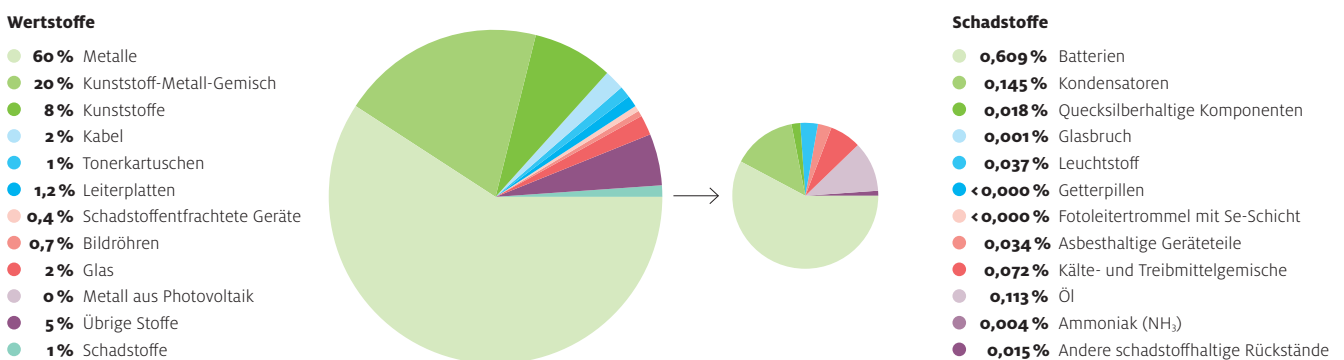


Tabelle 2: Gesammelte Swico-Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp.

Gerätetyp	Anzahl <sup>5</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>6</sup> (in Tonnen)	Total (in Tonnen)	Zu-/Abnahme gegenüber 2020
CRT-PC-Monitor	9	17,6	24	33	15	4	72	15	0	1	164	-23%
FPD-PC-Monitor <sup>2</sup>	558	6,9	1509	1217	73	47	601	272	35	95	3850	-10%
PC/Server	328	11,5	3101	219	10	116	-	314	12	-	3772	-12%
Laptop	460	2,4	325	322	113	6	97	160	76	5	1103	-8%
Drucker	441	11,4	1781	2705	309	27	34	88	2	81	5027	-5%
Grosskopierer/ Grossgeräte	38	125,1	2587	178	1699	86	3	38	41	122	4754	-23%
IT, gemischt <sup>3</sup>	822	2,6	1162	77	769	38	1	16	18	54	2136	-16%
CRT-Fernseher	42	25,7	106	221	36	4	698	13	1	1	1079	-24%
FPD-Fernseher <sup>2</sup>	357	23,9	4123	1545	899	117	748	717	95	298	8532	2%
UE, gemischt <sup>4</sup>	3596	2,9	5629	379	3788	191	5	82	91	265	10 428	-0%
Telefon, mobil	989	0,2	25	53	-	-	8	33	30	-	148	9%
Telefon, Rest	1121	1,8	1098	72	726	36	1	16	17	51	2017	-9%
Foto/Video	227	0,7	87	6	58	3	-	1	1	4	159	-2%
Dental	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	7%
<b>Total in Tonnen</b>	-	-	<b>21 561</b>	<b>7015</b>	<b>8497</b>	<b>675</b>	<b>2268</b>	<b>1766</b>	<b>419</b>	<b>975</b>	<b>43 235<sup>7</sup></b>	<b>-8%</b>
<b>Total in Prozent</b>	-	-	<b>50%</b>	<b>16%</b>	<b>20%</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>



# Recycling von Kühlgeräten aus Haushalt und Gewerbe: Nachhaltig ambitionierte Leistungsanforderungen

Niklaus Renner und Thekla Scherer

Obwohl der Anteil der alten R11-/R12-/R134a-Geräte weiter schwindet, ist es auch weiterhin enorm wichtig, keine Zugeständnisse bei den hohen Anforderungen an die Qualität der Recyclingverfahren zu machen, bis die letzten herkömmlichen Kühlgeräte von ihren klimaschädigenden Substanzen entfrachtet und diese kontrolliert zerstört worden sind. Die Hightechanlagen bleiben aus lufthygienischen Gründen auch danach unverzichtbar. Aktuell finden grössere Veränderungen im Schweizer Anlagenpark statt: Zwischen Herbst 2022 und Frühjahr 2023 werden gleich zwei neue Anlagen ihren Betrieb aufnehmen.

Die Schweizer Kühlgeräte-Recyclingbetriebe haben 2021 etwas über 370 000 Wärmeüberträgergeräte auf beiden Verarbeitungsstufen sowie weitere 55 000 Stück nur auf der ersten Stufe behandelt. Die Schere zwischen den rückproduzierten, klimafreundlicheren VHC<sup>1</sup>-Geräten und den alten VFC<sup>2</sup>-Geräten öffnet sich wie erwartet immer weiter.

## Mehr VHC-Geräte im Input ...

Nachdem sich 2013 die Anteile der zwei Kältemitteltypen noch exakt die Waage hielten, machen 2021 bei den auf Stufe 1 behandelten Altgeräten jene, deren Kompressoren mit den klimafreundlicheren Kohlenwasserstoffen (VHC) betrieben wurden, bereits 72 % aus (+6 % im Vergleich zum Vorjahr). Sogar 78 % beträgt der aktuelle Anteil der Geräte, deren PU-Isolation mit VHC geschäumt wurde (+3 %); die Wende trat hier bereits 2011, also zwei Jahre früher ein, da keine Übergangssubstanzen zur Verfügung standen wie die HFKW bei den Kältemitteln. Der Anteil ammoniakhaltiger Absorbersysteme bleibt mit 2 % schon seit ein paar Jahren praktisch unverändert (siehe Abbildung 1).

<sup>1</sup> VHC: volatile hydrocarbons (z. B. Isobutan R-600a oder Cyclopentan).

<sup>2</sup> VFC: volatile fluorocarbons (z. B. R-11, R-12, R-134a u. a.).

## ... bedeutet geringere Mengen im Output

Der inputseitige Rückgang der VFC-Geräte wird weiterhin auf beiden Behandlungsstufen auch im Output in Form tieferer Rückgewinnungsmengen an Kälte- und Treibmitteln festgestellt. Zwei Faktoren sind für diesen Effekt verantwortlich:

- 1) die sehr viel tieferen VHC-Kompressorfüllgewichte bzw. VHC-Konzentrationen in der PU-Isolation und
- 2) die geringeren spezifischen Gewichte von Isobutan bzw. Cyclopentan im Vergleich zu den herkömmlichen VFC.

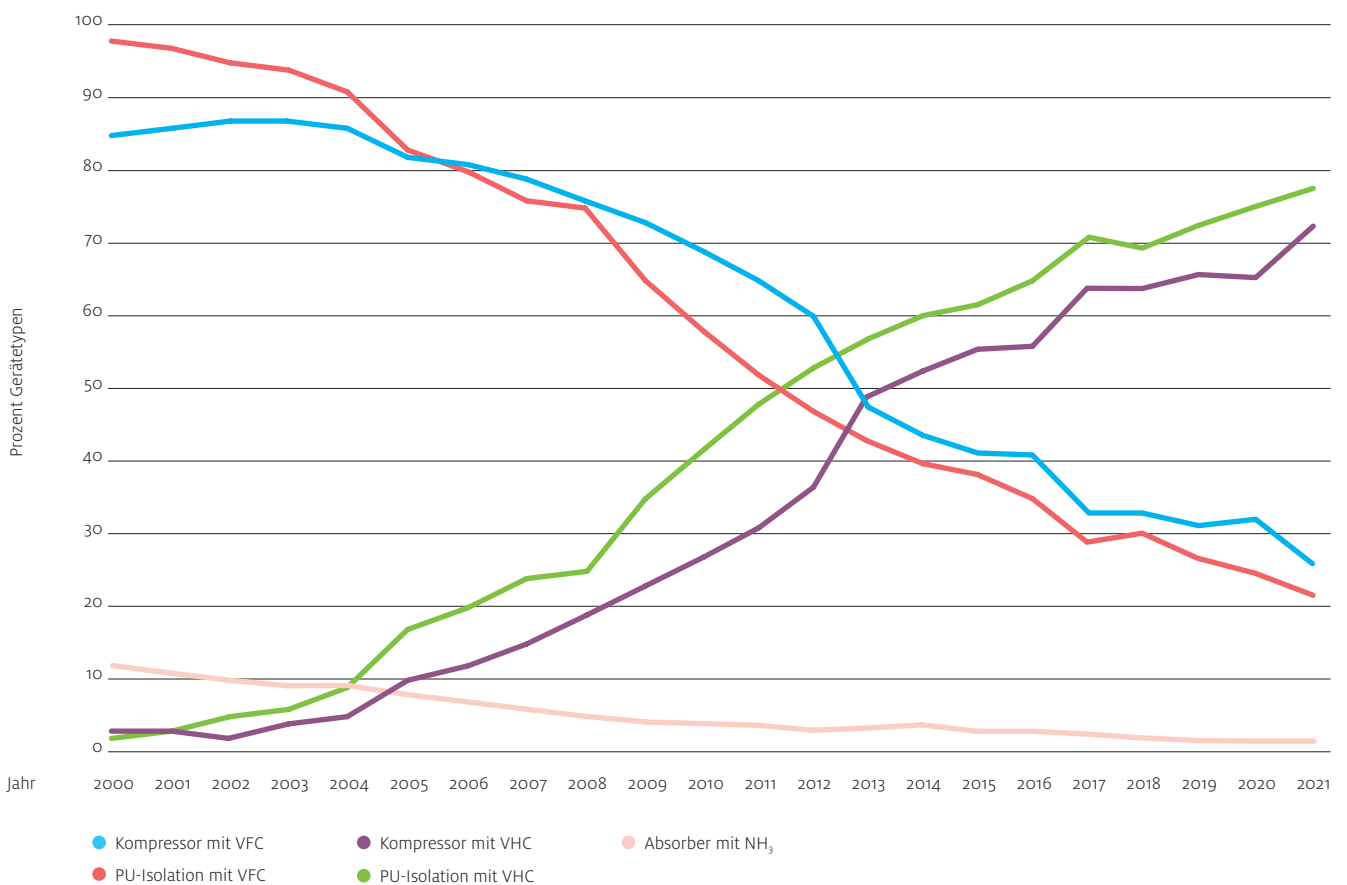
Aktuell werden bei den Wärmeüberträgergeräten, die auf beiden Stufen behandelt werden, übers Jahr folgende Rückgewinnungsmengen erzielt (siehe Abbildung 2):

- Kältemittel: 61 Gramm pro Gerät (–3 %)
- Kompressoröl: 124 Gramm pro Gerät (–10 %)
- Treibmittel: 35 Gramm pro Kilogramm PU-Schaum (–6 %)

## Warum müssen auch die Gase aus VHC-Geräten kontrolliert zurückgewonnen werden?

Es ist zwar richtig, dass es sich bei jenen Geräten, welche im Kompressor und/oder in der PU-Isolation VHC enthalten sind, um einen klimafreundlicheren Gerätetyp handelt. Während die VFC-Verbindungen der älteren Geräte ozonschichtschädigend sind (mit ODP, Ozone Depletion Potential) und auch ein hohes Treibhauspotential aufweisen (GWP, Global Warming Potential, bis zu 10 000-fach höher als dasjenige von CO<sub>2</sub>!), sind VHC-Geräte geradezu ein Segen fürs Klima.

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).



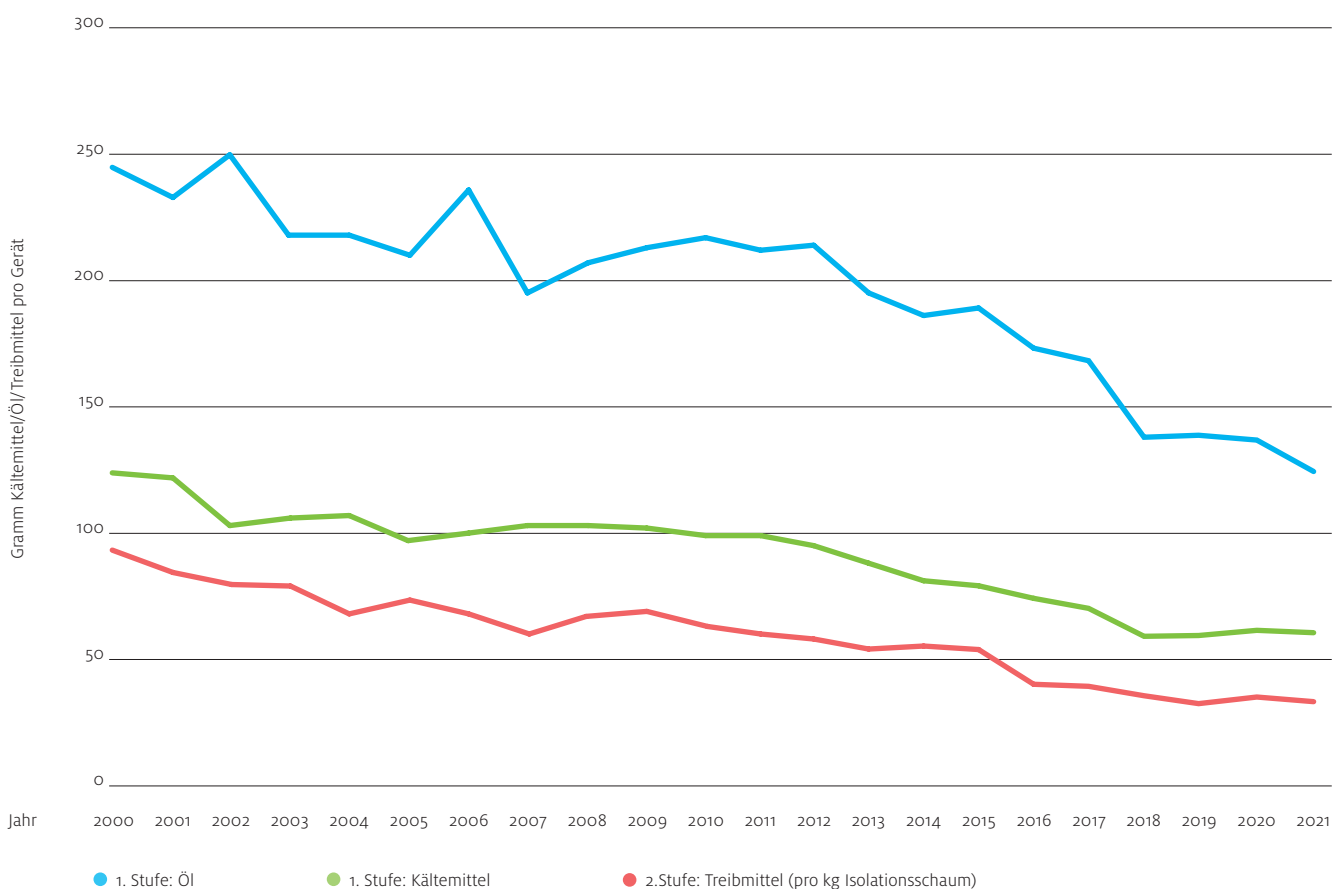
Trotzdem darf nicht vergessen gehen, dass auch sie über die im sog. «Mixed Mode» optimierten Prozesse der Kühlgeräte-Recyclinganlagen behandelt werden müssen, da eine unkontrollierte Freisetzung der VHC zur Bildung von bodennahem Ozon führt und damit die menschliche Gesundheit gefährdet

#### Stufe-1-Geräte weiter auf dem Vormarsch

Auch Haushaltsgrossgeräte, welche über eine Wärmepumpe verfügen (z. B. energieeffiziente Wäschetrockner neueren Datums, aber auch konventionelle Entfeuchtungsgeräte und

mobile Klimaanlage), gehören zu den Wärmeüberträgergeräten. Sie enthalten Kältemittel, die wie im Fall der Kühlschränke abgesaugt werden müssen, bevor die (nicht PU-geschäumten) Gehäuse in einem «normalen» Schredder (Grossschredder, Querstromzersetzer, Reisser, Hammermühle etc.) zerkleinert werden können. Solche im Jargon genannte «Stufe-1-Geräte» kommen vermehrt in den Rücklauf. So wurden 2021 55 000 Stück abgesaugt, was 12 % aller auf Stufe 1 behandelten Geräte ausmacht.

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



### Hohe Anforderungen an die Anlagenleistung

Die Performance der Kühlgeräte-Recyclinganlagen wird aufgrund alle zwei Jahre stattfindender Leistungstests unter definierten Bedingungen beurteilt. Sowohl die Anforderungen an den Ablauf und an die zu erreichenden Mindestresultate als auch an die Berechnungs- und Bewertungsmethoden richten sich nach der Norm SN EN 50625-2-3 und der technischen Spezifikation TS 50625-3-4.

Folgende Hürden gilt es auf Stufe 1 zu überwinden (100-Geräte-Test):

- Das Kältemittel muss vom Kompressoröl separiert werden.
- Die Menge an abgesaugtem Kältemittel muss mindestens 90 % der erwarteten Menge betragen.
- Der Halogengehalt im abgesaugten Kompressoröl muss unter 0.2 % liegen.
- Die im Kompressor verbleibende maximale Ölrestmenge direkt nach dem Absaugprozess darf 15 g pro Kompressor nicht übersteigen.





Foto 1: Wärmeüberträgergeräte, bereit für die Verarbeitung.

Beim Stufe-2-Leistungstest (1 000 Geräte) werden folgende Kriterien beurteilt:

- Die Menge der rückgewonnenen Treibmittel muss mindestens 90% der erwarteten Menge betragen. Dabei plausibilisieren sich eine Input- und eine Output-basierte Bewertungsmethode gegenseitig.
- Die PU-Restanhaftungen in Metallfraktionen dürfen je 0,3% nicht übersteigen.
- Die PU-Restanhaftungen in der Kunststofffraktion dürfen 0,5% nicht übersteigen.
- Der Treibmittel-Restgehalt in der PU-Fraktion muss unter 0,2% liegen.

Diese Anforderungen können nur erfüllt werden, wenn sich die Anlagen in einem technisch einwandfreien Zustand befinden und die Prozessluft-Behandlungsaggregate regelmässig gewartet werden.

#### Gewährleistung eines kontinuierlich hohen Umweltnutzens

Es ist das erklärte Ziel des Kühlgeräterecyclings, die ozonschichtschädigenden sowie treibhausaktiven Substanzen zu höchstmöglichen Anteilen zurückzugewinnen und anschliessend ihrer kontrollierten Zerstörung zuzuführen. Trotz des unaufhaltsamen Trends hin zu den ozonschichtfreundlichen und nur noch marginal treibhausrelevanten Geräten, gibt es keinen Grund, die Schraube bei den strengen SENS-Anforderungen zu lockern: Auch künftig ist es enorm wichtig, das Anforderungslevel punkto Recyclingqualität hochzuhalten, bis die letzten herkömmlichen Kühlgeräte den Hightech-

Recyclingprozess durchlaufen haben. Auch danach werden industriell dimensionierte Kühlgeräte-Recyclinganlagen keinesfalls obsolet werden, da nur sie aufgrund ihrer gekapselten Schredder- und aufwändigen Prozessluftbehandlungssysteme die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung erfüllen können.

#### Veränderung in der Schweizer Anlagenlandschaft

In diesem Sinn verändert sich die Schweizer Kühlgeräte-Rückproduktion gerade markant. Schon im Herbst 2022 wird die Thommen Group am Standort Aarwangen ihre neue Anlage in Betrieb nehmen (Immark AG Aarwangen). Ebenfalls plant die E. Flückiger AG die Inbetriebnahme einer neuen Anlage am Standort Rothrist im Frühjahr 2023. Somit werden im Schweizer Kühlgeräte-Recycling auch künftig genügend Kapazitäten auf dem neuesten Stand der Technik vorhanden sein. Im nächsten Fachbericht werden wir den Stand der neuen Anlagen näher vorstellen.

# Electro Bag: Genfer Pilotprojekt zur Postabholung von Elektrogeräten, die recycelt oder wiederverwendet werden sollen

Anahide Bondolfi und Sabrina Björn

Zwischen Januar und April 2022 haben die Genfer die Möglichkeit, alte Elektrogeräte zu Hause abholen zu lassen, damit diese entweder dem Recycling oder dem ReUse zugeführt werden. Dieses Pilotprojekt wird gemeinsam von SENS und der Post organisiert – und im Bereich ReUse mit Unterstützung des Programms SIG-éco21 der Services Industriels de Genève.

## Pilotstudien in Bern, Zürich – und nun in Genf

In den Jahren 2019 und 2020 konnte SENS bereits zwei ähnliche Pilotstudien in Bern und Zürich durchführen, bei denen 7 000 Electro Bags und über 9 000 kg Elektrogeräte gesammelt wurden – ein Erfolg, der SENS überzeugte, das Konzept auszuweiten. Die Aktion in Genf begann im Januar 2022, und noch im gleichen Monat wurden die ersten Säcke abgeholt. Wie auch bei den beiden anderen Pilotprojekten können sich die Genfer Haushalte gratis einen Sammelsack bestellen, ihn mit ihren alten Geräten füllen und im Briefkasten deponieren, sodass die Post sie auf ihrer üblichen Runde mitnehmen kann.

## Erste Neuheit: die ReUse-Variante

In Genf gibt es nun jedoch zwei Varianten: Die Geräte können auf dem üblichen Weg über SENS recycelt oder aber, falls sie noch funktionieren, dem ReUse zugeführt werden. In diesem Fall wird der Sammelsack mit einer selbstklebenden Etikette mit dem Aufdruck «ReUse» versehen und zur Wiederverwendung an die Établissements Publics pour l'Intégration (EPI) übergeben, eine soziale Einrichtung in Genf. Dort werden sie sortiert, geprüft und wiederaufbereitet. Alle wiederverwendbaren Geräte werden dann zu einem günstigen Preis von Genfer Secondhand-Läden weiterverkauft oder sozialen Institutionen ausgehändigt, um ihnen ein neues Leben zu geben. Diese verschiedenen Schritte wurden im Rahmen eines Partnervertrags zwischen der SIG und den EPI vereinbart, um sicherzustellen, dass die bewährten Verfahren zur Wiederverwendung eingehalten werden.

## Zweite Neuheit: Mehrwegsäcke

Das Genfer Pilotprojekt beinhaltet eine zweite Neuheit, die für mehr Nachhaltigkeit sorgen soll: die neuen, faltbaren Sammelsäcke von «Kickbag», die aus recyceltem PET bestehen und bis zu dreissig Mal benutzt werden können. So sind sie umweltfreundlicher als die nicht aus Recyclingmaterial gefertigten Einwegsäcke.

## Unterstützung der Kreislaufwirtschaft

Durch die Erweiterung des reinen Recycling-Angebots um die ReUse-Variante soll das Projekt etwas zur lokalen Kreislaufwirtschaft beitragen und noch funktionierenden Geräten ein zweites Leben ermöglichen. Gleichzeitig werden Daten dazu gesammelt, wie viele Geräte wirklich wiederverwendbar sind, um diesen Bereich in Zukunft noch besser integrieren zu können. Das Pilotprojekt gibt ReUse-Akteuren außerdem die Gelegenheit, Partnerschaften für den Secondhand-Verkauf zu testen, zu entwickeln und zu etablieren, um ReUse-Wege zu schaffen, die auch nach Abschluss des Pilotprojekts fortgeführt werden können.

## Die Kreislaufwirtschaft bei SIG-éco21

Das Programm SIG-éco21 für die Abfall- und Kreislaufwirtschaft wurde 2019 von der Genfer Regierung ins Leben gerufen und hat sich zum Ziel gesetzt, die Abfallmenge im Kanton Genf zu verringern. Priorität haben dabei unter anderem Elektro- und Elektronikaltgeräte, für die SIG-éco21 ein spezielles ReUse-, Reparatur- und Weitergabeprogramm entwickelt hat. Zu den Massnahmen gehört eine Unterstützung der



Foto 1: Wiederverwendbarer Electro Bag für das praktische Recycling von Elektrogeräten.

ReUse-Akteure durch eine formelle Partnerschaft mit SIG-éco21. Dabei sollen die Altgeräte Teil eines Kreislaufs werden, der auf bewährten Verfahren beruht und unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt: die Einhaltung der rechtlichen Recycling-Vorschriften, das Löschen gespeicherter Daten und Bereinigen von Speichermedien sowie die Weitergabe von Informationen an Kunden zur Verlängerung der Lebensdauer der Geräte und deren Nachverfolgbarkeit. Die Partner von SIG-éco21 werden zur Umsetzung dieser Verfahren entsprechend geschult. Zudem soll es für jedes Gerät, das als Secondhand-Gerät (als Sonderangebot oder Spende) erneut in Umlauf gebracht, repariert oder gemeinsam genutzt (verliehen oder vermietet) wird, einen finanziellen Anreiz geben. Dieses Programm und die darin festgehaltenen Vorschriften unterstreichen die Glaubwürdigkeit des gesamten Projekts.



# Revision CENELEC-Norm EN50625

Daniel Savi

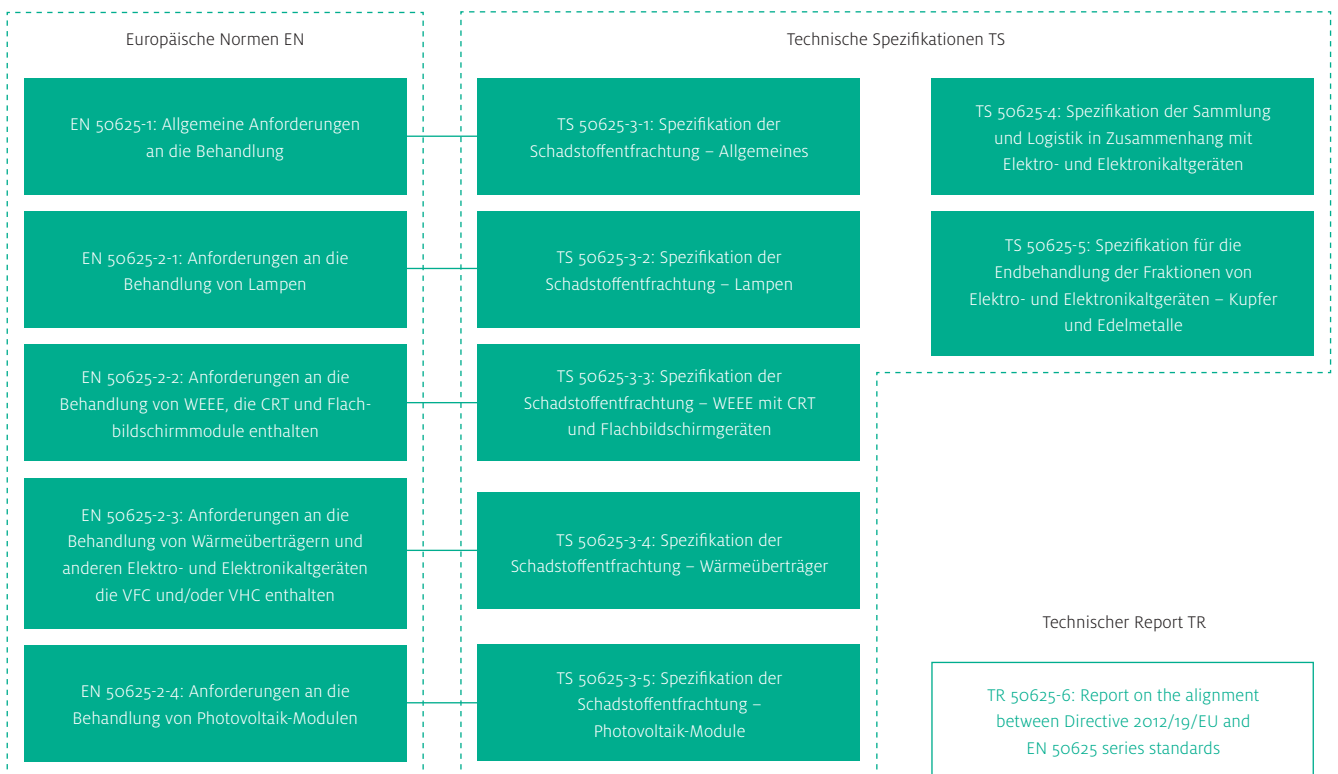
Die Arbeitsgruppe der CENELEC hat sich im vergangenen Jahr intensiv mit dem Anpassungsbedarf der Recycling-Normenserie EN 50625 beschäftigt. Das Ergebnis ist ganz im Sinn der Schweizer Rücknahmesysteme: die Normen bleiben stabil und ihre Geltungsdauer wird verlängert.

Seit fünf Jahren bilden die CENELEC-Normen der EN-50625-Serie die Grundlage für das Recycling von Swico-Geräten in der Schweiz. Für SENS-Geräte wurde die Norm vor drei Jahren eingeführt. Normen haben eine Lebensdauer von fünf Jahren, technische Spezifikationen von drei. Somit stellte sich für die Arbeitsgruppe zur EN-50625-Normenserie bereits die Frage, ob die Normen revidiert werden sollen. Für die Schweizer Systeme war von Beginn weg klar, dass die Normen stabil bleiben sollen, und es derzeit keine Anpassung geben soll. Es gibt bereits jetzt die ergänzenden technischen Vorschriften von SENS und Swico zur EN 50625. Diese sind auf die Schweizer Bedürfnisse zugeschnitten und erlauben es, Interpretationsfragen zu klären.

In der Arbeitsgruppe der CENELEC wurden in einem ausführlichen Verfahren alle Änderungswünsche der Mitgliedsländer gesammelt und diskutiert. Nach dem Meinungsbildungsprozess stellte die Arbeitsgruppe den Antrag an die zuständige Technische Kommission der CENELEC auf Verlängerung aller Normen der Serie. Dieser Antrag gelangte auch zur Abstimmung an die Normengremien der Mitgliedsländer der CENELEC.

Die Abstimmung zeigte dann in aller Deutlichkeit, dass die EN-50625-Normenserie als gut anwendbar und aktuell eingeschätzt werden. Neun Länder stimmten der Verlängerung zu, zwei enthielten sich der Stimme und ein Länderkomitee lehnte die Verlängerung ab. Somit sind die Dokumente der Normenreihe bis mindestens 2025 gültig.

Abbildung 1: Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten.



# Den PCB auf der Spur: Umgang mit Vorschaltgeräten

Flora Conte

Während bei der Grossgeräteverarbeitung kaum noch PCB gemessen werden, zeigen RESH-Analysen von Kleingeräten seit Jahren regelmässig hohe PCB-Frachten. Die Technische Kommission SENS/Swico prüft deshalb verschiedene Hypothesen über den Ursprung der schon seit Jahrzehnten verbotenen Schadstoffe. Die wichtigste Spur führt aktuell auf die Kondensatoren in Vorschaltgeräten aus Leuchten. Diese sind schwierig zu erkennen.

Der Einsatz von PCB in Elektroaltgeräten ist seit 1986 verboten. Doch gerade bei der Verarbeitung von Kleingeräten werden in den letzten Jahren unerwartet hohe PCB-Frachten im RESH und in Kunststofffraktionen gemessen. Ein Hauptverdächtiger ist der PCB-haltige Kondensator in Vorschaltgeräten (VG) aus Leuchten. Ein einziger vergessener PCB-haltiger Kondensator sprengt die Grenz- und Richtwerte. Gleichzeitig ist dieser nicht einfach zu finden und manchmal auch schwierig zu entfernen. Dieser Artikel soll deshalb aufzeigen, was im Umgang mit Vorschaltgeräten besonders wichtig ist, damit so viele PCB-haltige Kondensatoren wie möglich in Vorschaltgeräten entdeckt und fachgerecht entsorgt werden.

## Eine nicht triviale Erkennung

Es gibt Vorschaltgeräte in so diversen Grössen und Formen wie auch die Leuchten, in denen sie sich befinden, verschieden sind (siehe Foto 1). Nicht in jedem Vorschaltgerät befindet sich immer ein verdächtiger Kondensator. Aber wenn einer vorhanden ist, ist die Wahrscheinlichkeit höher als 50 %, dass dieser tatsächlich PCB enthält<sup>1</sup>. Angesichts der hohen Toxizität und Persistenz von PCB gilt es also, bei der Sortierung immer auf Nummer sicher zu gehen.

Bis jetzt gibt es keine abschliessende Kriterienliste, welche klar aufzeigen kann, in welchen Vorschaltgeräten sich PCB-verdächtige Kondensatoren befinden. Doch verschiedene Merkmale ermöglichen es, die verdächtigen auszusortieren.

Vorschaltgeräte unterscheiden sich in:

- Magnetische Vorschaltgeräte, zusammengesetzt aus einem kapazitiven Teil mit Kondensator und einem oder mehreren induktiven Teilen. Induktive Teile enthalten meist Kupferspulen und Eisenkerne und sind schwerer als der kapazitive Teil. Manche Vorschaltgeräte sind rein induktiv und entsprechend nicht verdächtig. Oft ist auf dem Gerät ein elektrisches Schema dargestellt, in dem der Kondensator aufgezeigt ist (siehe Foto 2). Sehr alte, verrostete magnetische Vorschaltgeräte sind besonders verdächtig.
- Elektronische Vorschaltgeräte (EVG): Diese enthalten keine PCB-haltigen Kondensatoren. Sie befinden sich in neueren Leuchten. Ihr Gewicht ist leichter als das der magnetischen Vorschaltgeräte. Oft sind sie heller oder weiss. Das Gehäuse kann aus Kunststoff sein (siehe Foto 3).

Kondensatoren aus magnetischen Vorschaltgeräten sind nicht immer auf Anhieb sichtbar. Sie sind entweder

- ohne Gehäuse und frei zugänglich, also einfach zu erkennen und zu entfernen,
- abgedeckt, aber einfach zugänglich, also einfach zu entfernen, sobald erkannt,
- eingeschweisst im Gehäuse, also schwierig zu erkennen und zu entfernen. Manchmal deutet eine runde Form auf den Kondensator hin, und ein Blick auf beide Enden hilft.

<sup>1</sup> D. Savi, U. Kasser & R. Widmer (2019) Flüssigkeiten in Kondensatoren, Bestimmung von Flüssigkeiten in elektrischen Kondensatoren mit Definition und Zuordnung von bedenklichen Stoffen



Foto 1: In dieser quadratischen Leuchte besteht das Vorschaltgerät aus drei induktiven Teilen und einem Kondensator.



Foto 2: Zwei verdächtige VG, die im Rahmen der Qualitätssicherung in einem Gebinde mit nicht-verdächtigen VG gefunden wurden. Das elektrische Schema auf dem rechten VG deutet mit einem Symbol und mit «Kap» auf den Kondensator (kapazitiver Teil).



Foto 3: Elektronisches Vorschaltgerät (nicht PCB-verdächtig).







Mit diesen vielen Unterscheidungen ist es in Sammelstellen, Zerlege- und Recyclingbetrieben besonders wichtig,

- a) regelmässig Schulungen durchzuführen,
- b) erfahrenes Personal für die Sortierung der VG einzusetzen und
- c) einen klaren, standortübergreifenden Überblick zu haben, wohin die VG-Stoffflüsse führen und wo die nötige Qualitätssicherung stattfindet.

#### Systematisch vorgehen

Da die Erkennung von Vorschaltgeräten trotz erfahrener Personal oft mit Fehlern verbunden bleibt, empfiehlt die Technische Kommission SENS folgende Arbeitsschritte:

1. Alle Leuchten aus den Kleingeräten separieren.
2. Alle Vorschaltgeräte aus den Leuchten gesamthaft entfernen (EVG, bei magnetischen Vorschaltgeräten sowohl kapazitive wie induktive Teile) und in einem separaten Gebinde sammeln (siehe Foto 4).
3. Vorschaltgeräte in die Kategorien PCB-verdächtig und nicht-verdächtig trennen.
4. Kondensatoren aus den verdächtigen Vorschaltgeräten entfernen. Ein schonender Umgang mit den Kondensatoren und eine geeignete Schutzausrüstung sind wichtig. Falls die Kondensatoren sehr schwierig zu entfernen sind, wird geraten, diese samt Gehäuse mit den anderen Kondensatoren zu entsorgen.
5. Kondensatoren und verdächtige eingeschweisste Vorschaltgeräteteile als Sonderabfall deklarieren und in der Hochtemperaturverbrennung entsorgen (ab 50 ppm PCB ist der Transport ADR-pflichtig).
6. Entfrachtete Leuchten, nicht verdächtige Vorschaltgeräte oder kupferhaltige Fraktionen aus entfrachteten Vorschaltgeräten immer durch eine geschulte Person auf Fehler überprüfen, bevor sie verarbeitet oder weiterverkauft werden. Verwechslungen, zum Beispiel mit Netzteilen, sollten möglichst vermieden werden.

Die Technische Kommission Swico/SENS befürchtet, dass ein grosser Teil der Kondensatoren in Vorschaltgeräten gar nicht in die Stoffflüsse von SENS und Swico gelangt. Die visuelle Ähnlichkeit zwischen Leuchten und Mischmetallen ist hoch und sowohl Schrotthändler wie ihre Abgebende (z. B. Elektriker) sind nicht immer genügend auf das Thema sensibilisiert. Der Aussortierung von Leuchten aus Mischmetallen ist deshalb besonders grosse Aufmerksamkeit zu schenken (siehe Foto 5).

Für die Erkennung der PCB-verdächtigen Vorschaltgeräte hat SENS ein Merkblatt publiziert, welches unter [diesem Link](#) zu finden ist.

Foto 4 (oben): Ein separates Gebinde für alle VG ist ein wichtiger Schritt für die Erkennung der PCB-verdächtigen VG.

Foto 5 (unten): Es ist sehr wahrscheinlich, dass Leuchten samt VG und Kondensator unerkannt im Mischschrott entsorgt werden.

# LED-Recycling – Umdenken und ausprobieren!

Flora Conte

Der aussortierte LED-Anteil bei Leuchtmitteln steigt Jahr für Jahr. Die Notwendigkeit, LED zu verwerten, ist nun akut geworden. Die Leuchtmittel-Recycler suchen deshalb nach konkreten technischen Lösungen. Die SENS begleitet diese Entwicklung. Es ist spannend.

## LED-Recycling ist Neuland

Leuchtmittel zu sortieren war nie einfach: verschiedene Formen, ionisierende und nicht-ionisierende HID, Schutzfolien, Glühbirnen und nun immer mehr Leuchtdioden (LED). LED sind dabei mindestens so divers wie Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen. Mit einem grossen Unterschied: Sie enthalten kein Quecksilber. Wenn sie zerbrechen, besteht keine Gefahr für Mensch und Umwelt. Bei der Rückgewinnung von Wertstoffen aus LED eröffnen sich also Möglichkeiten. Bis jetzt ist LED-Recycling noch ein wenig erforschtes Gebiet. Die Recyclingpartner und die Technische Kommission SENS entdecken gemeinsam Neuland.

Man könnte behaupten, dass LED gut vergleichbar mit schadstofffreien Elektro- und Elektronikgeräten (EAG) sind. Neben den Dioden enthalten sie Elektronik, Kunststoffe, Aluminium, Glas und mehr. Doch Versuche, LED gemeinsam mit EAG zu verarbeiten, waren bis jetzt nicht zufriedenstellend. Allein wegen der Grösse von LED ist die Wertstoffrückgewinnung in Anlagen von EAG-Recyclern schwierig. Durch die diverse Zusammensetzung von LED ist die saubere Trennung der Materialien zudem eine grosse Herausforderung. Laufend kommen neue LED-Typen auf den Markt. Bei einem Leuchtmittelrecycler wurden zum Beispiel 13 Typen LED gefunden (siehe Foto 1). Dabei fand man Gehäuse aus Kunststoff oder aus Glas, mit Sockeln aus Alu oder aus flammgeschützten Kunststoffen. Das wertvollste Material, die Leiterplatten, war manchmal gut sichtbar, manchmal versteckt in einem Keramiksubstrat eingegossen (siehe Foto 2).

## Verwechslungen vermeiden

Ein anderer Grund, der aktuell für eine getrennte Verarbeitung von LED spricht, ist die Wahrscheinlichkeit, dass LED nicht richtig sortiert werden. Solange mehrheitlich quecksilberhaltige Leuchtmittel abgegeben werden, wird es Fehler bei der Sortierung geben. Denn Ähnlichkeiten sind manchmal beeindruckend. Geschulte Augen von Fachpersonen sind also gefragt, obwohl LED schadstofffrei sind. Zudem sind falsch sortierte Leuchtmittel wenig bedenklich, wenn sie in einer Anlage verarbeitet werden, die das Quecksilber absaugt.

Um die Wertstoffe aus LED gezielt herauszuholen, sind Innovation und Offenheit gefragt. LED bringen uns zum Umdenken. Zwei verschiedene Technologien werden in der Schweiz momentan getestet. LED-Batchversuche sind sehr spannend, da niemand weiss, was zu erwarten ist. Bald haben wir ein klareres Bild über die geeignetsten Technologien, um LED zu verwerten.





Foto 1: Nicht stabförmige LED in 13 verschiedenen Materialkombinationen.



Foto 2: In gewissen LED sind die wertvollen Leiterplatten eingegossen.

# Erkenntnisse aus Spezialbatchversuchen

Andreas Bill, Anahide Bondolfi und Manuele Capelli

Verbraucher, welche nicht direkt mit der 230-Volt-Wechselspannung aus der Steckdose betrieben werden können, sind zur Spannungsumwandlung auf Netzteile angewiesen. Bei vielen Geräten kommen dabei externe Netzteile zum Einsatz, zum Beispiel bei Laptops, Tablets, Lampen oder verschiedenen batteriebetriebenen Haushaltsgeräten und Werkzeugen. Diese externen Netzteile enthalten Elektrolytkondensatoren, welche gemäss Norm bei der Verarbeitung von Elektroabfällen in einem unterscheidbaren Strom abgeschieden werden müssen.

Kondensatoren sind essenzielle Bestandteile von Elektronikgeräten und kommen als solche in fast allen Elektroaltgeräten vor. Kondensatoren werden dazu verwendet, elektrische Ladung kurzfristig zu speichern. In der Elektronik haben sie eine Vielzahl von Anwendungen und existieren in unterschiedlichen Formaten, sowohl bezüglich Form und Grösse wie auch hinsichtlich der Technologie und Zusammensetzung. Die Norm (SN EN 50625-1) schreibt eine Schadstoffentfrachtung in Bezug auf zwei Arten von Kondensatoren vor. Einerseits müssen Kondensatoren, welche unter dem Verdacht stehen, die seit vielen Jahren verbotene Substanz PCB zu enthalten, vor der Zerkleinerung in einem eigenständigen Vorgang entfernt werden<sup>1</sup>. Andererseits müssen Elektrolytkondensatoren (> 2,5 cm oder proportional ähnliches Volumen), welche bedenkliche Stoffe enthalten, während der Behandlung als unterscheidbarer (Teil eines) Strom(s) abgeschieden werden.

Der Frage, welche bedenklichen Stoffe in Elektrolytkondensatoren vorkommen und wie diese Kondensatoren behandelt

werden sollten, geht die TK Swico/SENS seit einiger Zeit nach. 2018 wurde die Studie «Flüssigkeiten in Kondensatoren» vom Büro für Umweltchemie verfasst, und 2019 und 2021 erschienen jeweils Artikel zu diesen Fragen im Fachbericht von Swico und SENS. In zwei Spezialbatchversuchen wurden im Februar und März 2022 weitere spezifische Aspekte unter die Lupe genommen:

1. **Menge und Grössenverteilung von Elektrolytkondensatoren durch Handzerlegung:** Elektrolytkondensatoren kommen in allen externen Netzteilen vor. In der Kondensatorstudie von 2018 wurde zudem gezeigt, dass zumindest Laptopnetzteile auch Elektrolytkondensatoren > 2,5 cm enthalten, welche gemäss Norm während der Behandlung abgeschieden werden müssen. Die Nachforschungen der TK Swico/SENS haben gezeigt, dass sich nicht alle Abnehmer dessen bewusst sind, dass Netzteile Elektrolytkondensatoren > 2,5 cm enthalten können. In Zusammenarbeit mit der Firma Thévenaz Leduc (THL) wurde aus diesem Grund eine Handzerlegung von externen Netzteilen durchgeführt und die Menge und Grössenverteilung von Elektrolytkondensatoren ermittelt.
2. **Lokalisierung von Elektrolytkondensatoren in Outputfraktionen und Zustand nach mechanischer Verarbeitung:** Elektrolytkondensatoren > 2,5 cm dürfen auch nach der mechanischen Verarbeitung entfernt werden, sofern sie da-

<sup>1</sup> Das Inverkehrbringen von PCB wurde 1986 verboten. PCB-haltige Kondensatoren in Geräten, welche vor 1986 verkauft wurden, kommen heute insbesondere in Vorschaltgeräten von Leuchten sowie vereinzelt in Haushaltgrossgeräten und Haushaltkleingeräten aus dem SENS Strom vor. Siehe auch: Kondensatorstudie und Fachberichtartikel 2020.



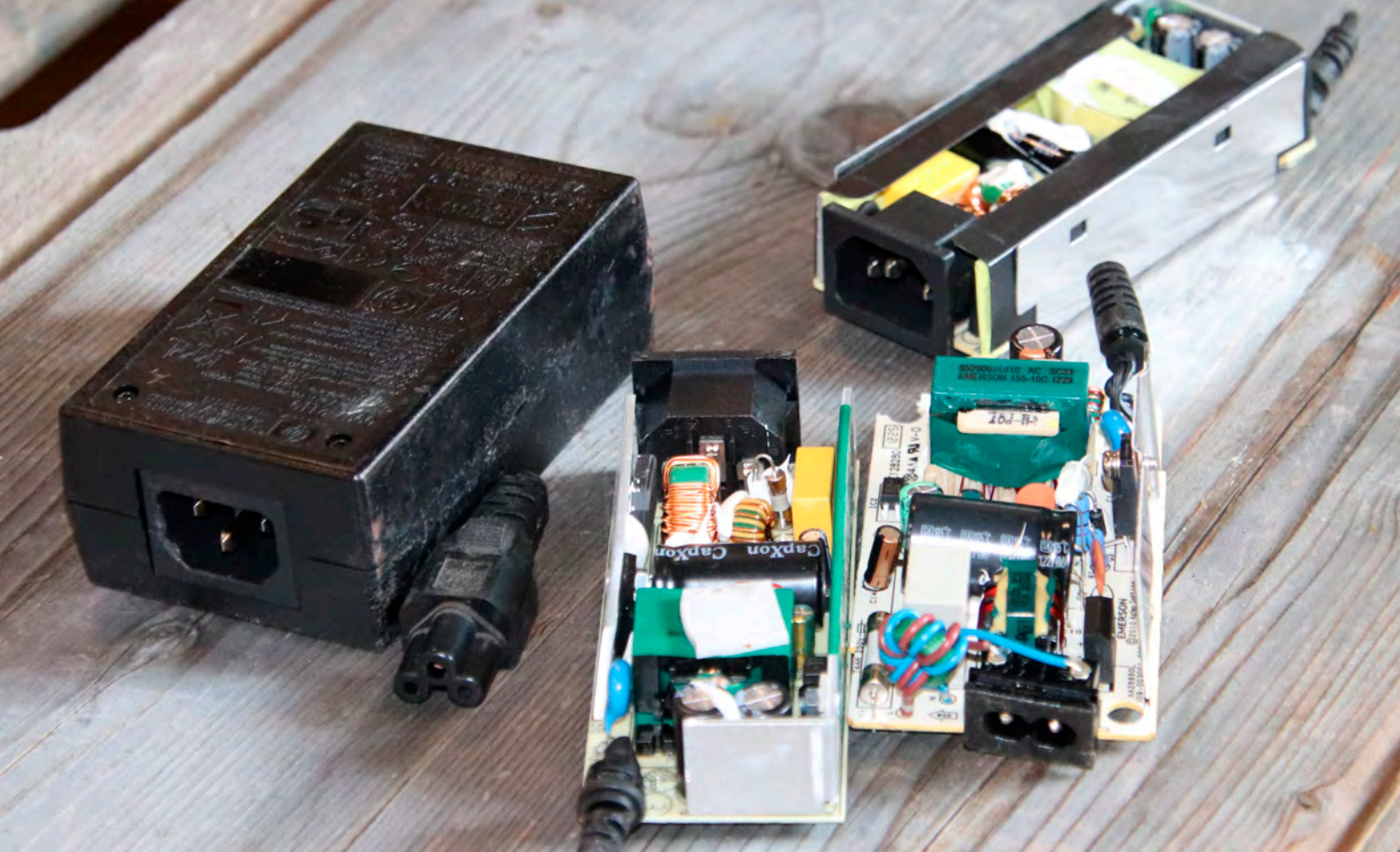


Foto 1: Offene Netzteile Kategorie 2.

durch «als unterscheidbarer (Teil eines) Strom(s)» abgetrennt werden können und die mechanische Behandlung nicht zu einer unkontrollierten Verteilung von Schadstoffen führt. Um das Verhalten von Elektrolytkondensatoren in einem bestimmten mechanischen Behandlungsprozess zu untersuchen, wurden zwei Tonnen reiner Netzteile auf der Anlage von Solenthaler Recycling (SOREC) verarbeitet, die Kondensatoren daraufhin in den unterschiedlichen Fraktionen lokalisiert und ihr Zustand beurteilt.

Für die Zerlegeversuche (Spezialbatchversuch 1) wurden zwei Kategorien externer Netzteile gemäss Betriebsspannung gebildet (siehe Foto 1). Von jeder Kategorie wurden jeweils 150 Stück in fünf Fraktionen zerlegt: Kunststoffe, (alte) Transformatoren, Elektronik, Elektrolytkondensatoren > 2,5 cm und Elektrolytkondensatoren < 2,5 cm. Die Zusammensetzung nach Kategorie ist in Abbildung 2 ersichtlich. Das Kunststoffgehäuse macht bei beiden Kategorien ca. ein Viertel des Gewichts aus. Bei Kategorie 1 (Betriebsspannung 5 bis 12 V) scheinen noch viele alten Netzteile zurückzukommen. Diese sind an den schweren Transformatoren zu erkennen, welche in moderneren Geräten durch sehr viel kleinere und leichtere Bauteile ersetzt wurden. Der Versuch zeigte, dass bei den Netzteilen der Kategorie 1 so gut wie keine Elektrolytkondensatoren > 2,5 cm vorkommen. Insgesamt machen Elektrolytkondensatoren in dieser Kategorie 2,5 Gewichtsprozent aus. Bei der Kategorie 2 (Betriebsspannung 12 bis 32 V) zeigte

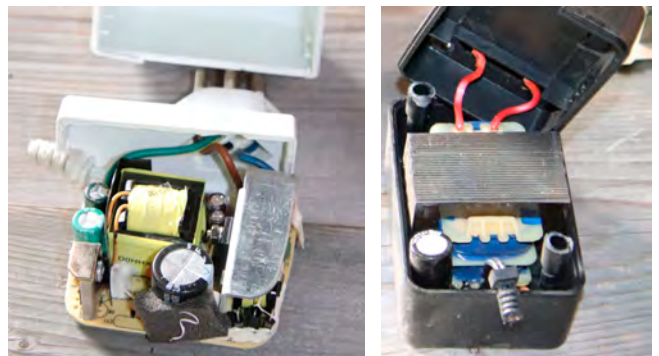


Foto 2–3: Offene Netzteile Kategorie 1.

sich ein anderes Bild, hier enthält so gut wie jedes externe Netzteil einen Elektrolytkondensator > 2,5 cm sowie mehrere kleinere Kondensatoren. Der Anteil Elektrolytkondensatoren am Gesamtgewicht beträgt hier 5,7%.

Zusätzlich zum Zerlegeversuch bei THL wurden zwei Tonnen externe Netzteile, bestehend aus einer Mischung der zuvor separat betrachteten Kategorien, auf der Anlage von Solenthaler Recycling mechanisch verarbeitet (Spezialbatchversuch 2). Es sollte überprüft werden, ob die Kondensatoren sauber abgetrennt werden können und ob es zu einem Flüssigkeitsaustritt während der Behandlung kommt. Nach dem

## 10 Kondensatoren in Netzteilen

Abbildung 1: Kategorie 1.

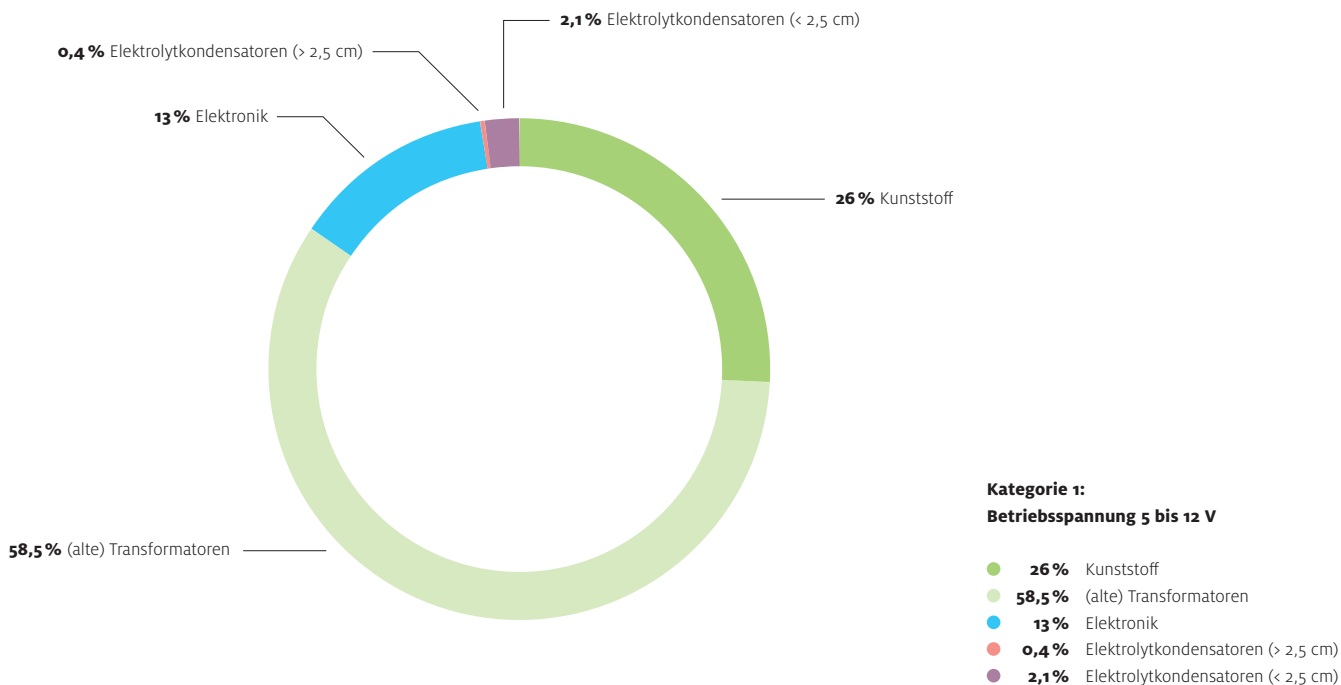
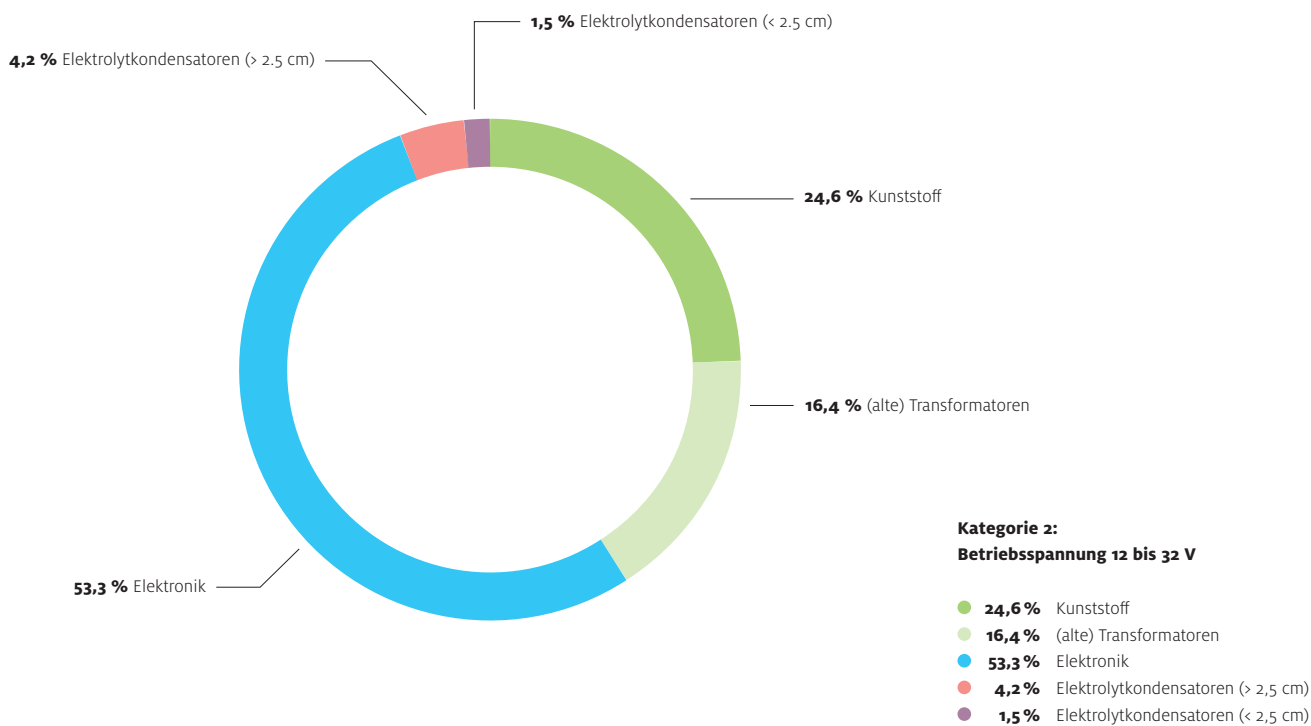


Abbildung 2: Kategorie 2.





Materialaufschluss wurden grosse Kondensatoren gemäss Normalbetrieb von Mitarbeitenden am Sortierband aussortiert, kleine Kondensatoren werden gemäss Aussage der Verantwortlichen über die Aluminiumfraktion abgeschieden. Es konnte bestätigt werden, dass die Aluminiumfraktion einen hohen Anteil kleiner Elektrolytkondensatoren enthält, während in anderen Fraktionen so gut wie keine Kondensatoren anfallen. Insgesamt wurde ein Massenanteil von 3,14 % Elektrolytkondensatoren ausgewiesen, davon waren 42 % grosse Kondensatoren (> 2,5 cm) und 58 % kleine Kondensatoren. Eine weitere Erkenntnis des Versuchs war, dass die Kondensatoren während der mechanischen Behandlung zwar leicht beschädigt (siehe Foto 4–5), aber nicht zerstört werden. Bei den leicht beschädigten Kondensatoren ist kein relevanter Flüssigkeitsaustritt augenfällig.

Die Spezialbatchversuche bei THL und SOREC haben gezeigt, dass externe Netzteile, insbesondere solche mit einer höheren Ausgangsspannung, Elektrolytkondensatoren > 2,5 cm enthalten, welche gemäss Norm während der Behandlung entfernt werden müssen. Es konnte jedoch auch gezeigt werden, dass Elektrolytkondensatoren in einer schonenden, mechanischen Behandlung effizient und ohne grobe Beschädigung in einer Zielfraktion aufkonzentriert werden können. Die Interpretation dieser Resultate ist aktuell Thema in der Technischen Kommission von Swico und SENS. Dafür werden unter anderem auch noch Versuche zur Bestimmung eventueller Flüssigkeitsverluste bei leicht beschädigten Kondensatoren aus der mechanischen Verarbeitung bei SOREC durchgeführt.

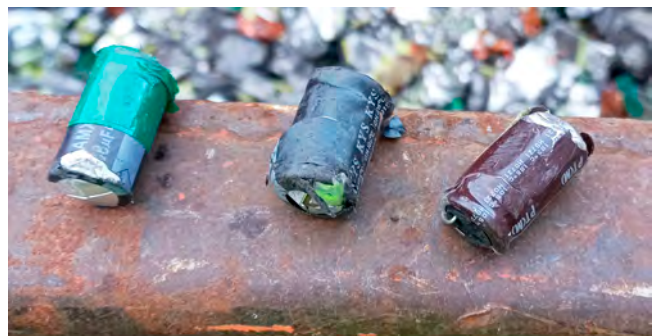


Foto 4–5: Beschädigte Kondensatoren nach mechanischer Behandlung.



Foto 6: Eingangsmaterial.

# 20 Jahre Entwicklungs- zusammenarbeit im nachhaltigen Umgang mit Elektroschrott

Heinz Böni und Andreas Bill

Auch in Entwicklungsländern fallen grosse Mengen Elektroschrott an. Mit finanzieller Unterstützung des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO und unter technischer Leitung der Empa werden deshalb in einigen Ländern seit 2003 Programme zum Aufbau von Recyclingsystemen für Elektroschrott durchgeführt. In Ghana, wo vor zwei Jahren eine nationale technische Richtlinie als Beurteilungsgrundlage für regelmässige Betriebskontrollen entwickelt wurde, fand im Juli und November des vergangenen Jahres eine Schulung von Mitarbeitenden der nationalen Umweltbehörde in der Auditierung von e-Waste-Recyclingbetrieben statt.

Die Schweiz gilt weltweit als grosses Vorbild im Umgang mit Abfällen: Seit mehr als 25 Jahren werden organische Abfälle entweder kompostiert (separat gesammelte Grünabfälle) oder thermisch verwertet (Haus- und Gewerbekehricht). In der Separatsammlung von Wertstoffen wie Papier, Glas, Metall usw. herrscht in der Bevölkerung ein hohes Umweltbewusstsein, was zu rekordverdächtigen Recyclingquoten geführt hat. Und auch beim Elektroschrott verfügt die Schweiz über eine fest etablierte und kundenfreundliche Sammelinfrastruktur, weshalb sie in Europa seit Jahren zu den Ländern mit den höchsten Sammelquoten zählt. Diese grosse Erfahrung hat das Staatssekretariat für Wirtschaft SECO im Jahr 2003 dazu bewogen, internationale Entwicklungsprogramme zu fördern, bei welchen mit Partnern in Entwicklungs- und Schwellenländern der gesetzliche Rahmen und die technischen Richtlinien entwickelt, der Aufbau von Rücknahmesystemen unterstützt und der Auf- und Ausbau des Recyclingsektors vorangetrieben werden. Die Aktivitäten unter der Leitung der Empa begannen unter dem Titel «Swiss e-waste programme» 2003 in Indien, China und Südafrika und wurden 2008 auf Kolumbien und Peru ausgedehnt. Seit 2013 laufen die Aktivitäten unter

dem Sustainable Recycling Industries Programme<sup>1</sup>. Mit diesem Programm wurden auch Aktivitäten in Ghana und Ägypten gestartet. Als internationaler Implementierungspartner ist 2013 die World Resources Forum Association, ein Spin-off der Empa, dazugestossen. Die WRFA koordiniert und überwacht alle Aktivitäten und leistet gemeinsam mit der Empa technische Unterstützung.

Die Erfolge der Programme dürfen sich sehen lassen: Mehrere der Partnerländer haben eine rechtliche Grundlage geschaffen, welche die Hersteller und Importeure von Elektro- und Elektronikgeräten zu deren Rücknahme am Ende des Gebrauchs verpflichtet, im Sinne einer erweiterten Produktverantwortung. Darauf aufbauend wurden kollektive Rücknahmesysteme errichtet, neue Recyclingbetriebe entstanden und bestehende konnten ihr Tätigkeitsgebiet ausweiten. Der Stand der Technik wurde mittels technischer Richtlinien bei allen bewilligten Recyclingbetrieben verbindlich vorgeschrieben. Um deren Einhaltung zu kontrollieren, finden unter Leitung der Empa seit 2021 in allen Ländern Ausbildungen von Auditoren statt. Den Anfang machte im Jahr 2021 Ghana, 2022 folgen Kolumbien und Ägypten und 2023 Peru und Südafrika.

## Zweiteiliger Lehrgang

Aufgrund der Coroneinschränkungen wurde die Ausbildung in Ghana in zwei Teilen durchgeführt. In einem ersten,

---

<sup>1</sup> siehe: [www.sustainable-recycling.org](http://www.sustainable-recycling.org)





Foto 1: EPA Auditoren bei einem Pilotaudit in Tema, Ghana.

virtuellen Teil wurde im Juli 2021 gemeinsam mit der nationalen Umweltbehörde Ghanas (EPA – Environmental Protection Agency) an drei Tagen Grundlagenwissen zu den Themen Gesetzgebung, umweltgerechter Umgang mit e-Waste sowie Auditvorbereitung, -durchführung und -technik vermittelt. Im November 2021 wurde in einem Training das im Juli vermittelte Wissen vertieft und in zwei Betrieben praktisch angewandt.

Die rund 15 Ausbildungsteilnehmenden zeigten grosses Interesse und Engagement und konnten von den langjährigen Auditerfahrungen der beiden Experten der Empa profitieren. Die Pilotaudits in den zwei Betrieben zeigten auf, wo die Knackpunkte bei der Auditierung liegen. Eine kritisch-reflektierende, offene und hartnäckige, aber auch kooperative Haltung gegenüber den Vertretern der auditierten Betrieben hilft, diesen Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen, ohne sie gleichzeitig an den Pranger zu stellen. Letztlich geht es nicht nur um die Einhaltung von Vorschriften, sondern auch um eine Unterstützung in der kontinuierlichen Verbesserung der Umwelleistungen und Arbeitssituationen der Betriebe. Checklisten sollten den Auditoren als Arbeitshilfe während der Auditierung dienen, aber nicht stur abgearbeitet werden. Mit einem Fachgespräch sollen Lücken und Potenzial ermittelt werden, welche durch Ja-/Nein-Fragen nicht abgedeckt werden können. Das setzt sowohl Fachverständnis wie auch kommunikative Fähigkeiten der Auditoren voraus.

### Vielseitiger Beitrag der Schweiz

Mit Unterstützung der Schweiz konnten in den Partnerländern über die vergangenen 20 Jahre neue Arbeitsplätze geschaffen, wertvolle Rohstoffe auf umweltgerechte Art zurückgewonnen und schadstoffhaltige Komponenten umweltgerecht entsorgt werden. Dabei zeigte es sich deutlich, dass der korrekte Umgang mit den Abfällen der Gesellschaft sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Chancen bietet. Elektroschrott ist geradezu ein Paradebeispiel, weil der Gehalt an Wertstoffen denjenigen aller anderen Abfallströme deutlich übertrifft.

Auf internationaler Ebene ist unter der Leitung der WRFA seit vergangem Jahr ein neuer ISO Standard zum nachhaltigen Umgang mit Sekundärrohstoffen in Vorbereitung (ISO 59014), welcher Aspekte der Kreislaufwirtschaft mit denjenigen des fairen und inklusiven Recyclings verbindet. Ein erster Entwurf ist auf Ende 2022 zu erwarten.

Die Schweiz darf mit Stolz auf 20 Jahre erfolgreiche internationale Zusammenarbeit im nachhaltigen Umgang mit Elektroschrott zurückblicken.

# EAG-Kunststoffrecycling

## – Update

Andreas Bill

Die Rahmenbedingungen beim EAG-Kunststoffrecycling befinden sich weiterhin im Wandel. Zur Förderung der Kreislaufwirtschaft setzten sich Politik und Gesellschaft in allen Bereichen für mehr Kunststoffrecycling und höhere Recyclinganteile in Produkten ein. Bei den EAG Kunststoffen stehen dem jedoch strenger werdende Vorgaben bei der Qualitätssicherung gegenüber. Die aktuellen Entwicklungen und deren Einfluss auf das Schweizer EAG-Recycling in der Übersicht.

Das Recycling von Kunststoffen aus EAG ist ökologisch sinnvoll und trägt massgeblich zum Erreichen ambitionierter (massenbasierter) Recyclingquoten bei. Gleichzeitig existieren aber auch wirtschaftliche, technische und regulatorische Hürden. 2019 wurde im Fachbericht von Swico und SENS eine Auslegeordnung zum EAG-Kunststoffrecycling in der Schweiz präsentiert. Seither trat eine Neufassung der europäischen POP-Verordnung in Kraft (Mitte 2019) und über die Basler Konvention wurden neue Regeln beim grenzüberschreitenden Verkehr mit Kunststoffabfällen geschaffen (Anfang 2021, siehe Fachberichtartikel 2021).

### Die POP-Verordnung gibt den Takt vor

Bereits beim Inkrafttreten der neuen POP-Verordnung war vorgesehen, dass der eingeführte Grenzwert für polybromierte Diphenylether (PBDEs, eine Gruppe bromierter Flammschutzmittel) bis Mitte 2021 überprüft und eventuell weiter herabgesetzt werden sollte. Mit etwas Verspätung wurde dieser Vorgang Ende 2021 aufgenommen. In seinem Bericht vom 9. Februar 2022 schlägt der Berichterstatter des Europäischen Parlaments einen neuen Grenzwert von 200 mg/kg für PBDEs vor, welcher nach fünf Jahren auf 100 mg/kg gesenkt werden soll. Zudem sollen alle Kunststofffraktionen, in denen die POP-Grenzwerte überschritten werden, zukünftig als Sonderabfälle klassifiziert werden. Zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Artikels werden diese Vorschläge noch im Europäischen Parlament debattiert.

Wird die POP-Verordnung gemäss den oben genannten Vorschlägen aktualisiert, hat dies auch Einfluss auf das EAG-Kunststoffrecycling in der Schweiz. Dabei stehen zwei Aspekte im Vordergrund:

1. Der vorgeschlagene Grenzwert für PBDEs entspricht mit 200 mg/kg der Quantifikationsgrenze, welche Standardlaboratorien für die Bestimmung dieser Substanzen in Proben von gemischten Kunststoffabfällen ausweisen. Die analytischen Unsicherheiten für tiefere Messwerte sind so hoch, dass Werte unter 200 mg/kg nur als «< 200 mg/kg» ausgewiesen werden. Berücksichtigt man zudem die Unsicherheiten bei der Probenahme, kann der vorgeschlagene Grenzwert durch konventionelle laboranalytische Methoden nicht zureichend überprüft werden<sup>1</sup>. Solange keine alternativen Methoden zur Überprüfung dieser Grenzwerte vorliegen, müssten konsequenterweise alle gemischten Kunststofffraktionen aus dem EAG-Recycling als POP-haltig deklariert und einem spezialisierten Verfahren zur Ausschleusung von Kunststoffen mit bromierten Flammschutzmitteln zugeführt oder verbrannt werden.

<sup>1</sup> Das Erstellen einer repräsentativen Probe von gemischten Kunststoffabfällen aus der mechanischen Behandlung von EAG ist eine grosse Herausforderung. In einer kürzlich publizierten Studie der Empa wird auf dieses Thema vertieft eingegangen: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105956>





Foto 1: Kunststofffraktion aus der Behandlung von Haushaltgrossgeräten.

2. Gemischte Kunststoffabfälle aus dem Schweizer EAG-Recycling werden meist entweder verbrannt oder im nahen Ausland von auf EAG-Kunststoffe spezialisierten Recyclingbetrieben stofflich verwertet. Diese Betriebe haben in der Regel keine Bewilligung für die Annahme von Sonderabfällen. Müsstest Kunststoffabfälle, welche POP-Substanzen enthalten, in der EU zukünftig als Sonderabfälle klassiert werden, dürften diese von den spezialisierten Kunststoffrecyclern nicht mehr angenommen werden, bis die entsprechenden Annahmecodes bewilligt sind. Dies würde wohl, zumindest vorübergehend, zu einem Recyclingstopp und zwischenzeitlich vermehrt thermischer Verwertung von EAG-Kunststoffen führen.

Die Rahmenbedingungen beim EAG-Kunststoffrecycling in Europa entwickeln sich kontinuierlich weiter. Dabei befinden sich die politischen Entscheidungsträger auf einer Gratwanderung zwischen der angestrebten Kreislaufwirtschaft und einem konsequenten Ausschleusen von Schadstoffen aus Recyclingmaterialien. Für die Weiterentwicklung und Förderung des EAG-Kunststoffrecycling ist diese Situation überaus herausfordernd, da aufgrund der Veränderungen in der Gesetzgebung grosse Unsicherheiten vorhanden sind.

# Swico und Immark fördern die Ausbildung von Fachkräften

Sabine Krattiger und Roger Gnos

In der dritten Ausschreibungsrunde des Innovationsfonds von Swico Recycling werden Projekte gefördert, welche wichtige Ressourcen betreffen. Eines davon macht Menschen im zweiten Arbeitsmarkt fit für den ersten. Dieses stellen wir hier näher vor.

Seit der Gründung von Swico Recycling im Jahr 1994 ist der zweite Arbeitsmarkt zu einem wichtigen Partner der Recyclingindustrie gewachsen. Durch die Miniaturisierung der Geräte sowie den hohen Anteil an LIB-Altgeräten ist eine händische Vorsortierung und sorgfältige Teilmontage von Elektronikschrott auch in Zukunft von grosser Bedeutung<sup>1</sup>.

Rund 800 bis 1 000 Menschen aus dem zweiten Arbeitsmarkt sind in 120 sozialen Zerlegebetrieben tätig, mit denen unter anderem die renommierte Recyclingfirma Immark AG zusammenarbeitet. Angesichts der Entwicklung des Arbeitsmarktes werden Bildungs- und Qualifizierungsmassnahmen in der Sozialhilfe zu einer zunehmend wichtigeren Voraussetzung für eine nachhaltige berufliche Integration. Beides lässt sich verbinden, findet die Thommen Group, zu der die Immark AG gehört, und lanciert in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Roten Kreuz, Kanton Bern, und der Fachstelle Arbeitsintegration Region Bern (Farb AG) ein Pilotprojekt.

Das verdient Unterstützung, entschied der Fachbeirat des Swico Innovationsfonds: Mit CHF 220 000 unterstützt der Innovationsfonds einen Fachkurs Recycling für Sozialhilfebeziehende.

Das niederschwellige, mehrstufige Förderungsangebot ermöglicht den Mitarbeitenden im zweiten Arbeitsmarkt den Erwerb eines Branchendiploms, ist eine Voraussetzung für die Ausbildung zum/zur Recyclist/-in EFZ und damit für den Übergang in den ersten Arbeitsmarkt, wobei die Förderung von Alltags- und Grundkompetenzen sowie Qualifizierungsangebote unterhalb des Berufsbildungsniveaus einbezogen werden. Gleichzeitig profitieren die Thommen Group sowie weitere Unternehmen durch die Übernahme von Personal und Auszubildenden und lösen damit einen Teil ihres Nachwuchs- und Arbeitskräftemangels.

Auf der nächsten Seite stellen wir Ihnen den Fachkurs näher vor.

---

<sup>1</sup> Siehe dazu auch: [Fachbericht 2021, Seite 34](#)





Foto 1: Sozialhilfebeziehende bei den Qualifizierungseinsätzen.

---

Sabine Krattiger, Geschäftsleiterin Immark AG.

**«Das Pilotprojekt ist einmalig in der Schweiz und leistet einen wichtigen Beitrag für die Integration dieser Mitarbeitenden und für die nachhaltige Sicherung des Elektronikrecycling-Know-hows.»**

---

Eine klassische Win-win-Situation, findet auch der Beiratsvorsitzende des Swico Innovationsfonds, Roger Gnos.

**«Das Projekt hat mit seiner Zielsetzung, dem angestrebten Nutzen für Mensch und Umwelt, und durch die Partnerschaftsstruktur mit den beiden Sozialpartnern das Potenzial für eine Weiterführung oder Skalierung auch in anderen Kantonen.»**

# Fachkurs Recycling: Neue Perspektiven für Sozialhilfebeziehende

Sabine Krattiger und Roger Gnos

Die Fachstelle Arbeitsintegration Region Bern, Farb AG, und das Schweizerische Rote Kreuz (SRK) des Kantons Bern haben gemeinsam mit der Immark AG ein zweijähriges Pilotprojekt lanciert. Dieses verknüpft erstmalig zwei soziale Institutionen und ein Unternehmen der Privatwirtschaft, um gezielt Sozialhilfebeziehenden eine branchenspezifische Qualifizierung und somit neue Perspektiven für den ersten Arbeitsmarkt zu ermöglichen.

## Worum geht es?

Die Farb AG führt mit dem Angebot Fractio einen Zerlegebetrieb für die Immark AG, welcher an einem Standort der Thommen Group in Köniz betrieben wird und deshalb nahe am ersten Arbeitsmarkt ist. Die Zerlegebetriebe als Anbieter von Arbeitsplätzen im zweiten Arbeitsmarkt sind in der Elektronik-Recyclingbranche zu einem wichtigen Partner gewachsen: Durch die Miniaturisierung der Geräte sowie den hohen Anteil an LIB-Altgeräten ist eine händische Vorsortierung und sorgfältige Teilmontage von Elektronikschrott auch in Zukunft von grosser Bedeutung.

Das niederschwellige, mehrstufige Förderungsangebot ermöglicht den Mitarbeitenden im zweiten Arbeitsmarkt den Erwerb eines Branchendiploms, schafft damit die Voraussetzung für die Ausbildung zum/zur Recyclist/-in EFZ und damit den Übergang in den ersten Arbeitsmarkt.

## Was leistet das Projekt?

Die gesamte Recyclingbranche benötigt qualifizierte Arbeitskräfte. Mit der Umsetzung der branchenspezifischen Qualifizierung für Sozialhilfebeziehende tragen die zwei sozialen Institutionen Farb AG und SRK Kanton Bern diesem Bedarf Rechnung. Die Thommen Group sowie weitere Recyclingbetriebe, Sammelstellen und ähnliche Betriebe profitieren durch die Übernahme von Personal und Auszubildenden und lösen damit einen Teil ihres Nachwuchs- und Arbeitskräftemangels.

## Wo steht das Projekt?

Dank der Unterstützung des Kantons Bern (Gesundheits-, Sozial- und Integrationsdirektion) sowie finanziellen Beiträgen des Innovationsfonds von Swico Recycling, durch den Verein für Arbeitsbeschaffung und die UBS Stiftung für Soziales und Ausbildung kann das Projekt in die Umsetzungsphase gehen. Die Kursausschreibung für die Sozialämter ist erfolgt, und der erste Kurs konnte im April erfolgreich gestartet werden.

## Wer kann teilnehmen?

Das Qualifizierungsprogramm richtet sich an:

- Arbeitsfähige Sozialhilfebeziehende
- Vorläufig aufgenommene und anerkannte Flüchtlinge mit Ausweis B/F
- Ausländische Staatsangehörige mit Ausweis B/C

## Wie ist das Angebot aufgebaut?

Der Fachkurs Recycling besteht aus zwei Modulen:

- Modul «Basic»: sechsmonatiges Modul, bestehend aus Unterricht im SRK Kanton Bern sowie Fachmodulen der Thommen Group und Qualifizierungseinsätzen. Zudem absolvieren die Teilnehmenden einen internen Staplerkurs (R1).
- Modul «Advanced»: dreimonatiges Modul, bestehend aus Unterricht im SRK Kanton Bern sowie Fachmodulen vom Branchenverband Swiss Recycling sowie Qualifizierungseinsätzen.

## Wer sind die beteiligten Unternehmen?

### Farb AG

Die Fachstelle Arbeitsintegration Region Bern bietet ein breites Angebot von Einsatzmöglichkeiten zur sozialen und beruflichen Integration für Sozialhilfebeziehende. Farb ist einer der grössten Anbieter von BIAS-Angeboten im Kanton Bern. Der Institution sind über 50 Gemeinden mit 15 regionalen Sozialdiensten angeschlossen.

### SRK Kanton Bern

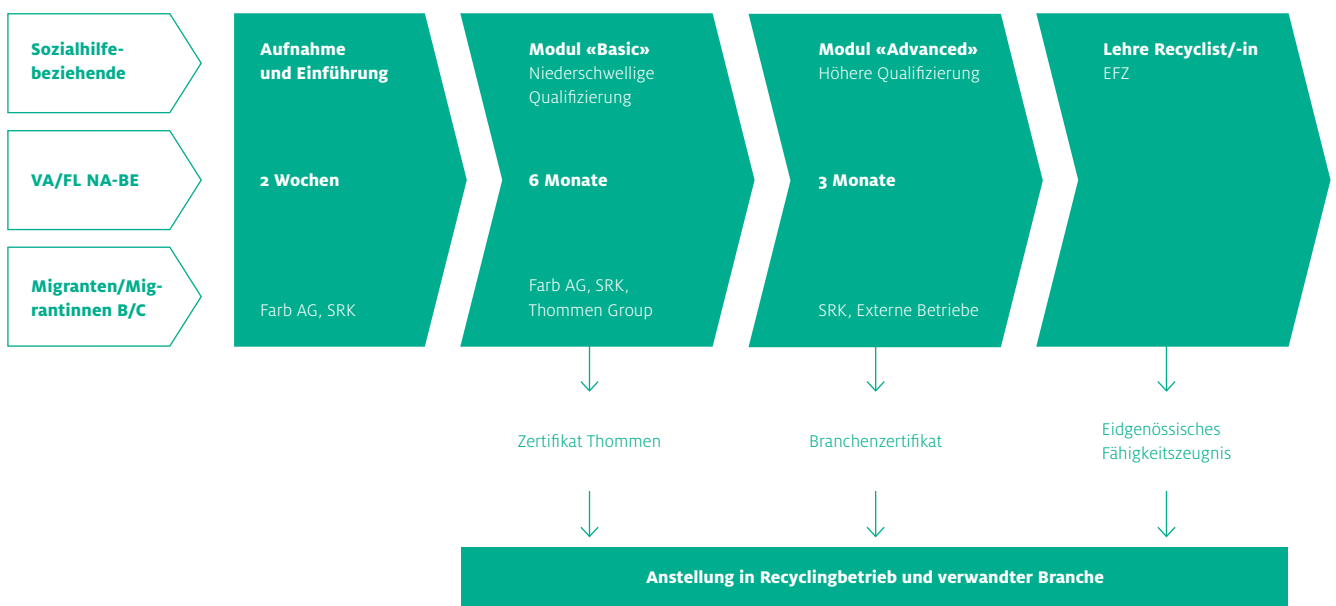
Das Schweizerische Rote Kreuz (SRK) Kanton Bern ist eine humanitäre Organisation, die sich im ganzen Kanton für mehr Menschlichkeit einsetzt. Rund 700 Mitarbeitende und

2 400 Freiwillige engagieren sich in den Bereichen Entlastung, Gesundheitsförderung, Bildung und Integration. Das SRK Kanton Bern zählt rund 80 000 Mitglieder.

### Thommen Group

Die Thommen Group ist ein Familienunternehmen, das sich in den vergangenen 85 Jahren einen umfangreichen Erfahrungsschatz sowie wertvolles Expertenwissen im Recycling von Metall-, Eisen- sowie Elektronikschrott angeeignet hat. Für das Schweizer Recyclinggeschäft steht die Marke Thommen, für das internationale Handelsgeschäft die Marke Metallum und für den Elektroschrott die Marke Immark. Die Thommen Group beschäftigt mehr als 600 Mitarbeitende an 25 Standorten verteilt auf die Schweiz, Deutschland, Italien, Belgien und China.

Abbildung 1: Konzept Fachkurs Recycling.



# Die Tätigkeiten der technischen Kontrollstellen in den letzten 25 Jahren

Daniel Savi und Heinz Böni

In ihrer noch kurzen Geschichte erlebte die technische Auditierung des Elektrogeräterecyclings eine rasante Entwicklung. Was als isolierte Tätigkeiten mit wenigen Beteiligten begann, ist heute eingebunden in eine europaweite Recycling- und Auditpraxis. Wir werfen einen Blick zurück auf die markanten Ereignisse der letzten 25 Jahre Expertentätigkeit im Dienste eines umweltfreundlichen Recyclings von Elektrogeräten.

Wann genau die Auditoren von Swico Recycling und SENS ihre Tätigkeit aufnahmen, lässt sich im Rückblick nicht mehr eindeutig rekonstruieren. Bereits im Tätigkeitsbericht 1994 von Swico Recycling wird die Arbeit der Empa als Kontrollstelle von Swico Recycling erwähnt. Der älteste Fachbericht der Technischen Kontrollstelle der SENS zuhanden der Geschäftsstelle stammt aus dem Jahr 1997. Die Auditoren und Auditorinnen von SENS und Swico Recycling sind also bereits seit mindestens 25 Jahren tätig. Zu Beginn arbeiteten die Empa und die beiden technischen Auditoren der SENS weitgehend unabhängig voneinander. 1999 wurde mit gemeinsamen Audits begonnen. Neun Jahre später war die Zusammenarbeit so eng, dass die beiden Kontrollstellen in ein gemeinsames Gremium überführt wurden. Im Jahre 2009 wurden schliesslich auch die technischen und umweltbezogenen Anforderungen an das Recycling in den Verträgen von Swico Recycling und SENS mit den Recyclingpartnern harmonisiert.

## Schwerpunkte auf Schadstoffen

Zu Beginn der Audittätigkeiten beschäftigte die korrekte Separierung und Entsorgung von schadstoffhaltigen Bauteilen aus den Elektrogeräten die Gremien stark. Im Vordergrund standen schwermetallhaltige Batterien, bariumhaltige Getripillen aus Bildschirmen, FCKW aus Wärmeüberträgern, PCB-haltige Kondensatoren und Geräteöle. Später tauchten neue problematische Bauteile auf: Zum einen führen Lithiumbatterien zu Schwierigkeiten im Recyclingprozess, zum anderen kamen neue Geräte mit spezifischen Schadstoffen hinzu, wie Flachbildschirme, Leuchtmittel, oder Medizinalgeräte. Mit der Zeit wurden die Erfassung der Stoffflüsse bei den

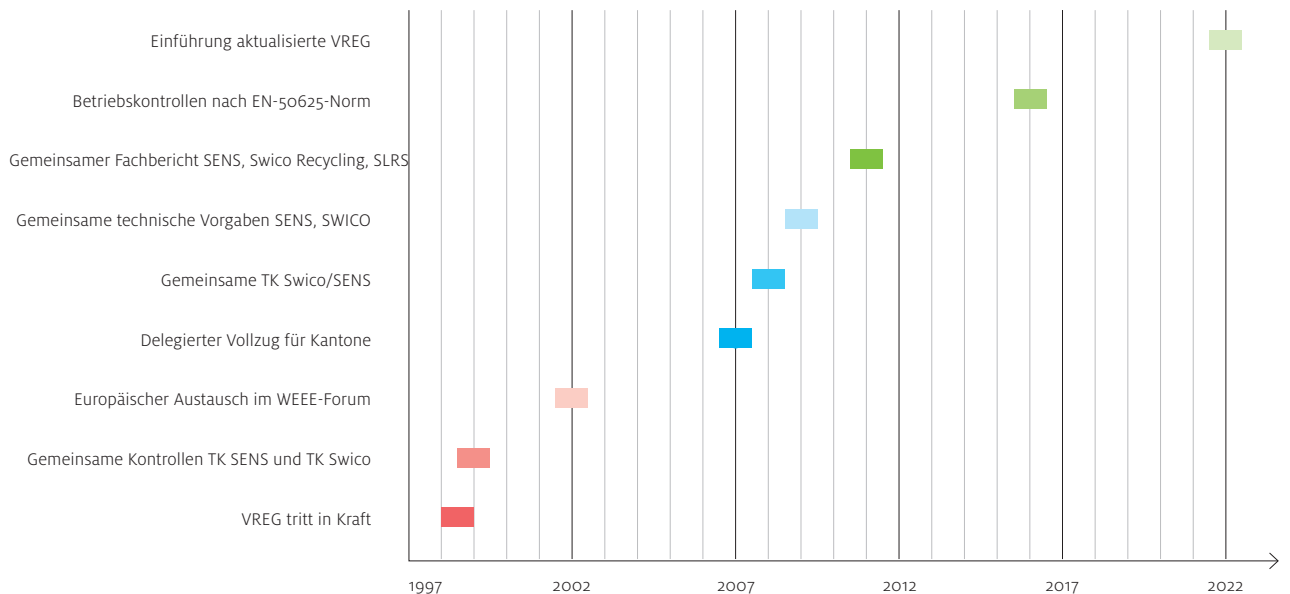
Recyclern und die Feststellung der nachfolgenden Behandlungs- und Entsorgungswege wichtiger. Verfahren zum Nachweis eines möglichst umfangreichen Recyclings und einer umweltfreundlichen Entsorgung der Materialien aus den Geräten wurden entwickelt und eingeführt. In jüngster Zeit richtet sich der Fokus vermehrt auf die Förderung der Wertstoffrückgewinnung und auf die stetige Verbesserung der Kenntnisse über die Inhaltsstoffe der Geräte.

## Einfluss auf europäische Entwicklungen

Die technischen Kontrollstellen entwickelten sich wie ihre Auftraggeber dynamisch. Die Rücknahmesysteme von SENS und Swico nahmen ihre Tätigkeit vor dem Inkrafttreten der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) 1997 auf. Auch die Audittätigkeit begann vor dem Inkrafttreten dieser Verordnung. Erst die VREG schuf die gesetzliche Grundlage für eine Rücknahme- und Verwertungspflicht von Elektroaltgeräten. Mit der Einführung gemeinsamer Kontrollen von SENS und Swico Recycling intensivierte sich der fachliche Austausch zwischen den Technischen Kommissionen von SENS und Swico. Dies führte zu einer Verbesserung der Stoffflusserfassung bei den Recyclern und der Entwicklung von Kennzahlen zur Beurteilung der Recyclingqualität. Mit dem gemeinsamen Fachbericht ab 2011 wurde auch gegenüber der Öffentlichkeit die verstärkte Zusammenarbeit sichtbar. Schon ab 2002 wurden die Erkenntnisse im WEEE-Forum in einem europäischen Rahmen diskutiert. Die Schweizer Experten brachten sich von Beginn an stark in die Entwicklung eines europäischen Standards für das Elektrogeräterecycling ein.



Abbildung 1: Zeitleiste Entwicklung Technische Kommission.



Diese Tätigkeiten mündeten im WeeeLabex-Standard und den CENELEC-Normen der Serie 50625. Die Auditierung gemäss WeeeLabex wurde in der Schweiz nicht eingeführt. Als die europäische Normenserie EN50625 fertiggestellt war, wurde diese ab 2017 für die Audits von Swico Recycling bzw. ab 2020 für die SENS-Audits zur technischen Grundlage.

Die Expertise, welche sich die Mitglieder der Kontrollstellen über die vielen Jahre aneignen konnten, führte auch zu vermehrter Nachfrage nach Unterstützung im Ausland. So beauftragte z. B. das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) die Empa im Jahre 2002 mit Abklärungen zu möglichen Projekten im nachhaltigen Umgang mit Elektroschrott in Entwicklungsländern. Daraus entstanden Projekte in mehreren Ländern Afrikas, Lateinamerikas und Asiens, welche die Empa leitete und technisch unterstützte.

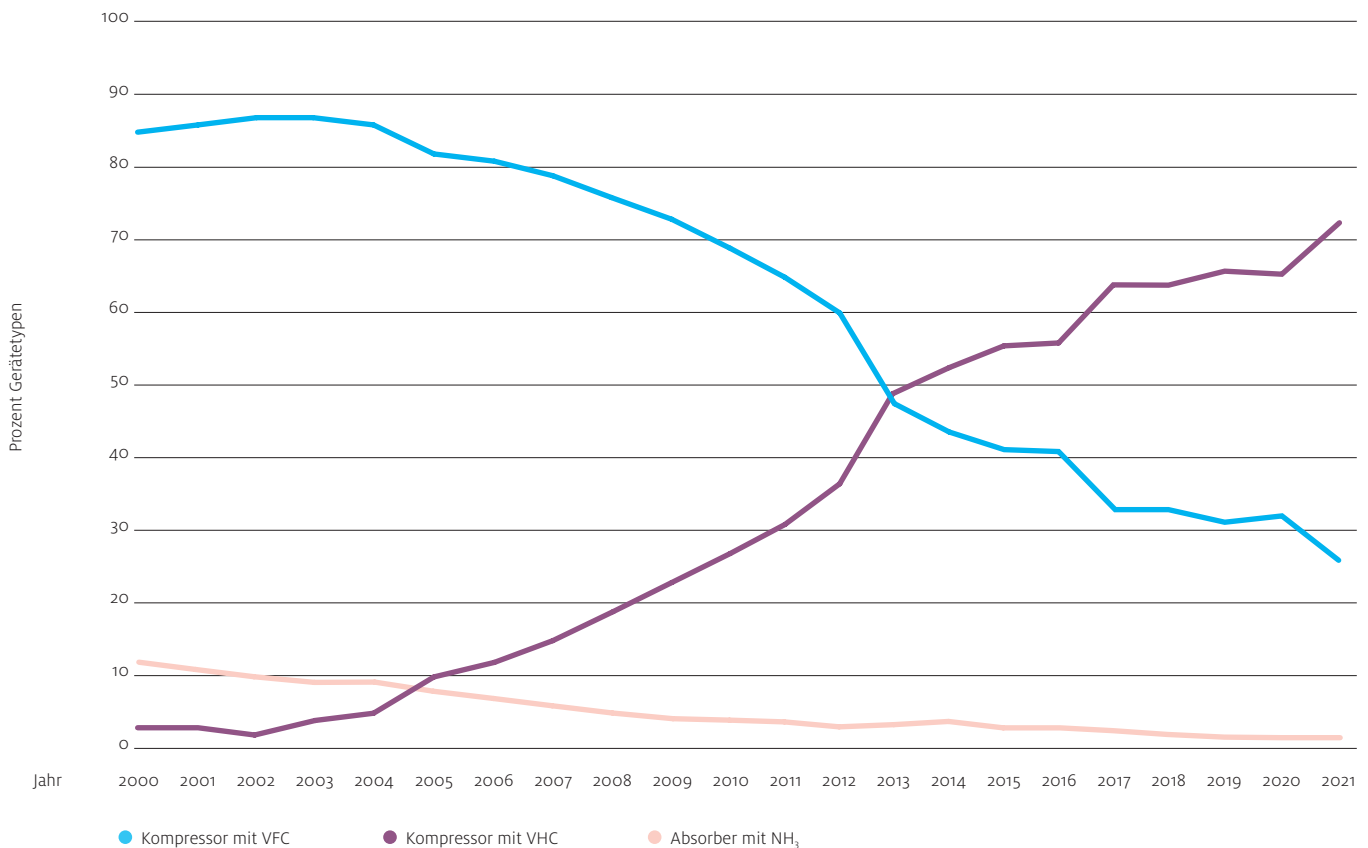
Eine grosse Anzahl Experten und Expertinnen waren im Lauf der Jahre als Auditoren tätig. Die Leitung der Technischen Kommission Swico übernahm zu Beginn Kurt Münger, auf ihn folgten Johannes Gauglhofer, Martin Eugster und Heinz Böni. Die Technische Kommission SENS bestand zu Beginn aus Ueli Kasser und Geri Hug. In den ersten Jahren hat Robert Hediger, als Geschäftsleiter der SENS, die Entwicklung der Technischen Kommission SENS und deren strategische Ausrichtung massgeblich mitbestimmt. Als das Gremium wuchs, übernahm Ueli Kasser dessen Leitung. Mit Daniel Savi, Paul Scherer und Roman Eppenberger wurde die Leitung ab 2008 durch Mitarbeitende der SENS wahrgenommen. Alle beteiligten Fachexperten und Fachexpertinnen prägten die Entwicklung

der Kontrollpraxis der SENS stark. Zusätzlich zu den bereits genannten waren dies Anahide Bondolfi, Anne-Christine Chappot, Flora Conte, Emil Franov, Niklaus Renner und Silvan Rüttimann. Die Empa setzte im Auditteam über die Jahre verschiedene Mitarbeitende ein, die in einigen Fällen nur über eine kürzere Zeit als Auditoren tätig waren. Obwohl sie hier nicht alle aufgeführt werden können, leisteten sie jeweils einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der Auditierung. Langjährige Auditoren und Auditorinnen waren, nebst den Leitern der Technischen Kommission Swico, Esther Thiebaud, Patrick Wäger und Rolf Widmer.

Aus ökologischer Sicht nahmen die Wärmeüberträger stets eine Sonderstellung ein. Da Kühl- und Klimageräte bis 1990 meist FCKW als Kühlmittel enthielten, war die sichere Rückgewinnung und Zerstörung des Kühlmittels seit Beginn der Expertentätigkeit eine wichtige Aufgabe der Auditierung. Jahr für Jahr rapportierten die Recycler die Anteile an FCKW-haltigen und FCKW-freien Kühlgeräten. Bereits früh erstellten die Auditoren Prognosen dazu, bis wann FCKW-haltige Geräte zu entsorgen sein werden. Im Rückblick lässt sich feststellen, dass das Phase-out der FCKW viel schneller erwartet wurde, als es sich in der Praxis nun zeigt. Für 2022 wurde in einer Prognose von 2000 erwartet, dass alle Kühlgeräte mit FCKW-haltigen Kühlmitteln entsorgt sein würden. Effektiv enthält heute ein Viertel der Kreisläufe im Geräterücklauf nach wie vor FCKW.

Bei den Geräten der Informatik und der Unterhaltungselektronik nahmen die CRT-Bildschirme in der Kontrolltätigkeit lange eine prominente Stellung ein. Sie machten in der

Abbildung 2: Effektive Entwicklung der VFC- und VHC-Geräte bis 2021.



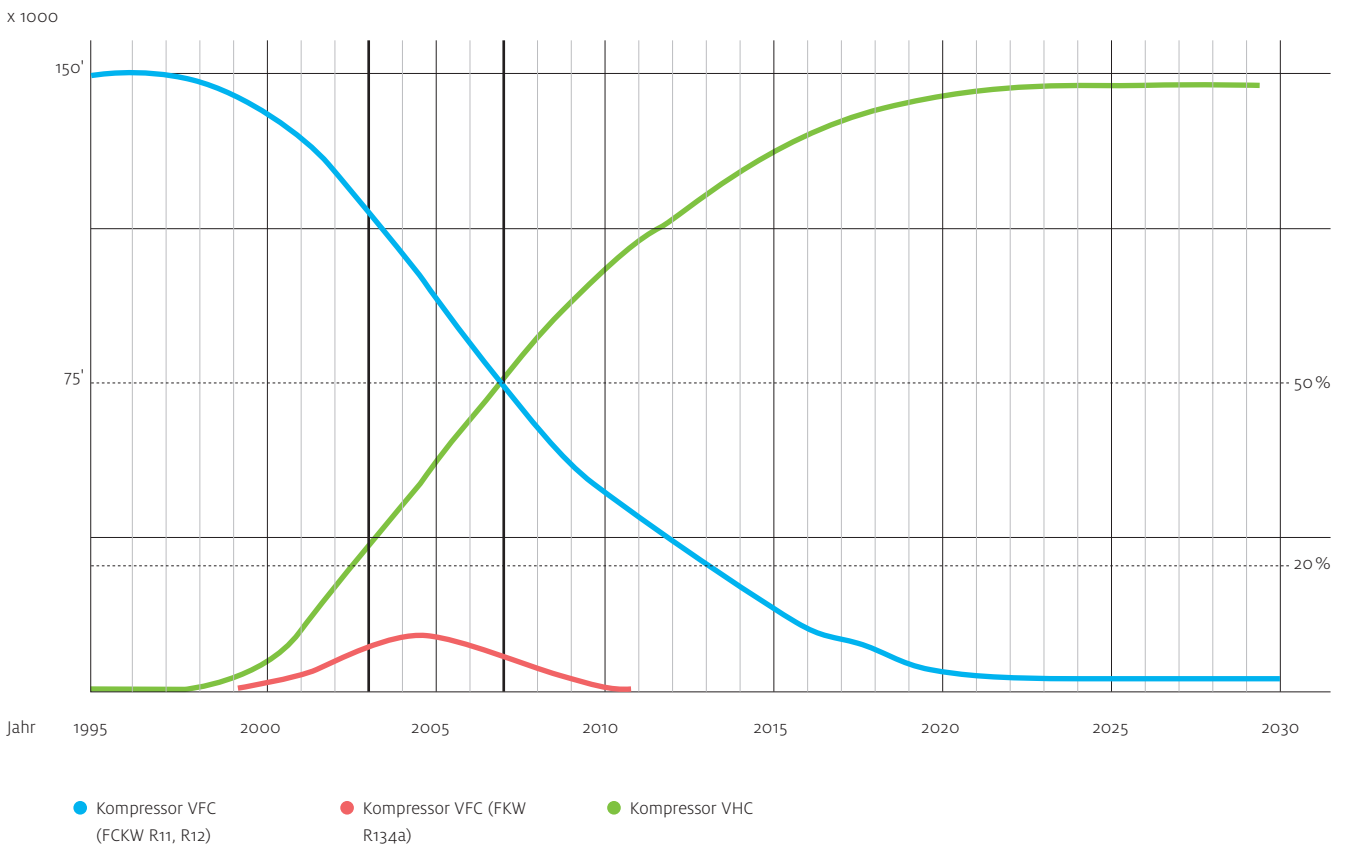
Vergangenheit einen bedeutenden Teil der Masse zurückgenommener Geräte im Swico-Kanal aus und stellten bis 35% der Gesamtmenge. Im Vordergrund stand die saubere Trennung von bleihaltigem und restlichem Glas, die Abtrennung der bariumhaltigen Getterpillen sowie die fachgerechte Entsorgung der schadstoffhaltigen Kunststoffe. Zudem ist die Leuchtschicht einerseits schadstoffhaltig, andererseits aber auch reich an seltenen Elementen. Diese Leuchtschicht muss entfernt und deponiert werden. An diesem Beispiel zeigt sich, dass es heute Stand der Technik ist, die Schadstoffe umweltfreundlich zu entsorgen bzw. von der Umwelt zu isolieren. Jedoch ist es bisher nicht gelungen, alle Wertstoffe aus Mischungen, zum Beispiel die seltenen Erden aus der Leuchtschicht, wieder in den Rohstoffkreislauf zurückzuführen.

Das zweite grosse Schadstoffthema, insbesondere auf der Seite der Haushaltsgrossgeräte, betraf die PCB-haltigen Kondensatoren. Vor der Einführung des SENS-Systems wurden Haushaltsgrossgeräte noch zu einem grossen Teil händisch zerlegt. Wenn die Geräte im Schredder zerkleinert wurden, erfolgte dies ohne vorgängige Schadstoffentfrachtung. In den Neunzigerjahren wurde das Schreddern zum Standard für die

Entsorgung der Haushaltsgrossgeräte. Das führte ab dem Jahr 2000 zur Vorgabe, dass schadstoffhaltige Kondensatoren vor einer mechanischen Verarbeitung entfernt werden müssen. Damals wurde die «Daumenregel» eingeführt. Diese besagte, dass alle Kondensatoren, die daumengross oder grösser sind, händisch aus den Geräten entfernt werden müssen. Damals stellte sich wohl keiner der Beteiligten vor, dass diese Regel später in eine europäische Verordnung und einen europäischen Standard aufgenommen werden würde. Mit der Abnahme der PCB-haltigen Kondensatoren in den Haushaltsgrossgeräten stellt sich in den letzten Jahren die Frage, ab wann diese Regel wieder aufgehoben werden sollte. Dabei gilt es zwischen den Umweltfolgen einer Aufhebung und dem Aufwand für die getrennte Entsorgung einer immer kleineren PCB-Menge abzuwägen.

Kunststoffe stellen insbesondere in Haushaltsgeräten sowie Geräten der Unterhaltungselektronik seit jeher eine wichtige Fraktion dar. Doch auch in allen anderen Gerätekategorien nahm ihr Anteil über die letzten 25 Jahre stetig zu. Die Vielzahl der Kunststoffsorten, die oft vorhandenen Flammhemmer und die häufig verwendeten Mischkunststoffe machen deren

Abbildung 3: Prognose für die Entwicklung der Kühlgeräte aus dem Fachbericht 2000.



Recycling zu einer aufwändigen und anspruchsvollen Aufgabe. Nach wie vor ist der Anteil recycelter Kunststoffe weit von dem entfernt, was für eine Kreislaufwirtschaft nötig wäre. Dazu kommt, dass neue Kunststoffe günstige Rohstoffe sind. Somit sind die ökonomischen Anreize für ein verstärktes Kunststoffrecycling gering. Es wird in Zukunft eine Herausforderung für die Rücknahmesysteme und die Auditoren sein, das Kunststoffrecycling durch klug gesetzte Anreize zu fördern.

Mit der Einführung der aktualisierten VREG und der noch ausstehenden Vollzugshilfe zum Stand der Technik wird 2022 das Elektroaltgeräte recycling in der Schweiz auf eine aktualisierte gesetzliche Grundlage gestellt. Die Miniaturisierung in der Elektronik, der verstärkte Einsatz von Kunststoffen und netzunabhängige Geräte sorgen für laufend neue Anforderungen an das Recycling. Diese Dynamik wird auch in Zukunft die Arbeit der technischen Kontrollstellen von SENS und Swico prägen.



**Flora Conte**  
TK SENS, Carbotech AG

Flora Conte schloss ihren Master in Umwelt-naturwissenschaften an der ETH Zürich mit Schwerpunkt Biogeochemie und Schadstoffdy-namik 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 erneuer-bare Energien, Recycling oder Entrepreneurship. Seit 2015 ist sie Mitglied der TK SENS/Swico. Bis 2020 war sie Auditorin für Zerlegebetriebe von SENS und Swico. Seit 2016 auditiert Flora Conte SENS Recycler. Sie ist nicht nur als Umwelt-beraterin tätig, sondern engagiert sich auch in einer Non-Profit-Organisation für den Zugang zu Solarenergie in Entwicklungsländern.



**Andreas Bill**  
Swico Konformitätsbewertungsstelle  
SN EN 50625, Empa

Andreas Bill schloss seinen Master in Energie-management und Nachhaltigkeit an der ETH Lausanne ab und sammelte anschliessend als Zivildienstleistender an der Empa erste Erfahrungen im Bereich Elektroschrott. Seit 2019 arbeitet er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologie und Gesellschaft. Seine Kernaufgabe ist die Unterstützung von Projekten zum Aufbau von Elektroschrottrecyclingsystemen in Entwicklungs- und Schwellenländern. Er ist Mitglied der TK Swico und auditiert seit 2020 Swico Recycler.



**Anahide Bondolfi**  
TK SENS, Abeco GmbH

Anahide Bondolfi schloss ihren Bachelor in Bio-logie sowie einen Master in Umweltnaturwissen-schaften an der Universität Lausanne ab. Ihre Tätigkeit im Bereich Elektronikschrott begann sie 2006 während ihrer Masterarbeit in Südafrika in Zusammenarbeit mit der Empa. Danach arbeitete sie fast zehn Jahre lang als Umweltberaterin und Projektmanagerin in zwei Schweizer Umwelt-beratungsfirmen, zuerst bei LeBird in Prilly und dann bei Sofies in Genf. Im Januar 2017 gründete sie die Abeco Sàrl. Seit 2015 ist sie Mitglied der Technischen Kommission Swico/SENS. Sie führt beinahe die Hälfte aller Audits der Zerlegebetriebe von Swico und SENS durch. Seit 2016 auditiert Anahide Bondolfi auch mehrere SENS Recycler und Sammelstellen.



**Roger Gnos**  
Technische Kontrolle, Swico und TK-Mitglied

Roger Gnos ist seit 1991 im Recycling verwurzelt und erlebte und gestaltete die Entwicklung im Elektroaltgeräte recycling tatkräftig mit. Fast 20 Jahre war er als Betriebsleiter in einem e-Waste-verarbeitenden Betrieb tätig, seit zehn Jahren ist er bei Swico Recycling für die Beratung der Sammelstellen tätig. 2019 arbeitete er an der Lancierung des Swico Innovationsfonds mit und amtet seither als Vorsitzender des Beirates. Ihn fasziniert die Technik, aber auch die Menschen, welche hinter dem Recycling stehen.



**Manuele Capelli**  
Swico Konformitätsbewertungsstelle  
SN EN 50625, Empa

Manuele Capelli studierte Umweltnaturwissen-schaften sowie Management, Technology, and Economics (MTEC) an der ETH Zürich. Durch ein Hochschulpraktikum am World Resources Forum (WRF) in Zusammenarbeit mit der Empa sammelte er erste Erfahrungen im Bereich Elektroschrott. Seit 2021 arbeitet er an der Empa als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologie und Gesellschaft. Seine Tätigkeitsbe-reiche umfassen Projekte zur Kreislaufwirtschaft und zu Recyclingsystemen der Schweiz wie auch die Unterstützung von Projekten zum Aufbau von Elektroschrottrecyclingsystemen in Entwick-lungs- und Schwellenländern. Er ist Mitglied der TK Swico und führt seit 2022 Audits durch.



**Thekla Scherer**  
TK SENS, IPSO ECO AG

Thekla Scherer studierte an der ETH in Zürich Umweltnaturwissenschaften. Nach dem Studium arbeitete sie rund zehn Jahre in einem Ingenieur-büro mit dem Hauptfokus auf Luftreinhaltung und Energie. Seit 2016 arbeitet sie bei der Firma IPSO ECO AG in Rothenburg. Sie erarbeitet dort als Projektleiterin Umweltverträglichkeitsberichte und ist parallel dazu als Umweltbaubegleiterin auf Baustellen unterwegs. Als vielseitig inter-essierte Allrounderin deckt sie in ihrer Arbeit ein grosses Spektrum von Umweltthemen ab, so z. B. auch die Themen Abfälle, umweltgefährden-de Stoffe und Entsorgung. Seit 2021 ist Thekla Scherer Mitglied der Technischen Kommission von SENS und Auditorin mit Spezialisierung auf Kühlgeräte recyclingbetriebe.



**Fabian Elsener**  
Carbotech AG

Fabian Elsener schloss sein Bachelorstudium in Wirtschaftsingenieurwesen an der Ostschweizer Fachhochschule in Rapperswil ab. Aktuell befindet er sich im Masterstudium in Umwelt und natürliche Ressourcen mit Vertiefung Ökotechnologie und Ökobilanzierung an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaft in Wädenswil. Während seinem Praktikum bei V-ZUG kam er das erste Mal mit dem Recyceln von Elektro- und Elektronikaltgeräten in Kontakt, indem er einen Batchversuch für V-ZUG begleitete. Seit Sommer 2021 arbeitet er in der Abteilung Umweltberatung der Carbotech AG und führt hauptsächlich Ökobilanzen von technischen Produkten und Systemen durch.



**Heinz Böni**  
Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle  
SN EN 50625, Empa

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



**Daniel Savi**  
TK SENS, Büro für Umweltchemie

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



**Sabine Krattiger**  
Swico Recyclingpartner, Immark AG

Seit 1992 in der Elektronik-Recyclingbranche tätig; seit 2009 als Geschäftsführerin der Immark AG. Mit ihrem Fachwissen über die Elektronikentsorgung unterstützt sie als Vorstandsmitglied den Fachverband VREG Geräteentsorgung, die Recyclistenausbildung R-Suisse und EERA, die European Electronics Recyclers Association.



**Niklaus Renner**  
TK SENS, IPSO ECO AG

Nach Abschluss seines Studiums an der Musikhochschule Luzern studierte Niklaus Renner Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich. Seit 2007 ist er bei der IPSO ECO AG in Rothenburg (ehemals Roos + Partner AG, Luzern) tätig. Er befasst sich mit den Themenfeldern Altlasten, Bodenschutz sowie Umweltverträglichkeit verschiedener verwertungstechnischer Verfahren und berät Unternehmen in Fragen ihrer Umweltrechtskonformität. Zusammen mit Dr. Erhard Hug entwickelte er das mathematische Bewertungsmodell für den europäischen Kühlgeräterecycling-Standard CENELEC EN 50625-2-3. Seit 2017 ist Niklaus Renner Mitglied der Technischen Kommission von SENS und Auditor für Recyclingbetriebe. Zu seinem Spezialgebiet gehören Audits und Anlagenleistungstests bei Kühlgeräterecyclingfirmen.



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

Roman Eppenberger schloss sein Studium als Dipl. El.-Ing. an der ETH Zürich ab. Berufsbegleitend absolvierte er das Nachdiplomstudium Executive MBA an der 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 verantwortet Roman Eppenberger bei der Stiftung SENS den Bereich Technologie und Qualität. In dieser Funktion koordiniert er zusammen mit Heinz Böni die TK SENS/Swico.

### 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 46 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, 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 UN-Organisationen sind Mitglied 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 19 europäischen Rücknahmesystemen und ermöglicht seit Januar 2015 Herstellern und anderen Marktteilnehmern die Erfüllung ihrer unterschiedlichen nationalen Pflichten aus einer Hand.

### Nationale Links

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

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

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

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

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

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

[www.bafu.admin.ch](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» zahlreiche 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 Informationen, 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 Appenzel Ausserrhodan finden sich allgemeine Informationen 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) [www.zebazug.ch](http://www.zebazug.ch).

### Kontakt

#### Swico

Lagerstrasse 33  
8004 Zürich  
Telefon +41 44 446 90 94  
[info@swico.ch](mailto:info@swico.ch)  
[www.swico.ch](http://www.swico.ch)

#### Stiftung SENS

Obstgartenstrasse 28  
8006 Zürich  
Telefon +41 43 255 20 00  
[info@sens.ch](mailto:info@sens.ch)  
[www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch)

#### SENS Konformitätsbewertungsstelle

EN SN 50625 Serie  
Koordination TK SENS  
Roman Eppenberger  
Obstgartenstrasse 28  
8006 Zürich  
Telefon +41 43 255 20 09  
[roman.eppenberger@sens.ch](mailto:roman.eppenberger@sens.ch)

#### Swico Konformitätsbewertungsstelle

SN EN 50625 Serie  
Technische Kontrollstelle Swico  
c/o Empa  
Heinz Böni  
Abteilung Technologie und Gesellschaft  
Lerchenfeldstrasse 5  
9014 St. Gallen  
Telefon +41 58 765 78 58  
[heinz.boeni@empa.ch](mailto:heinz.boeni@empa.ch)

### Impressum

#### Herausgeberin

Stiftung SENS, Swico,

Der Fachbericht erscheint auf Deutsch, Englisch und Französisch und ist unter [www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch) und [www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch) als Online-Publikation sowie als PDF downloadbar.

#### Konzept, Grafik

SUAN Conceptual Design GmbH  
[www.suan.ch](http://www.suan.ch)

© 2022 SENS, Swico

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

