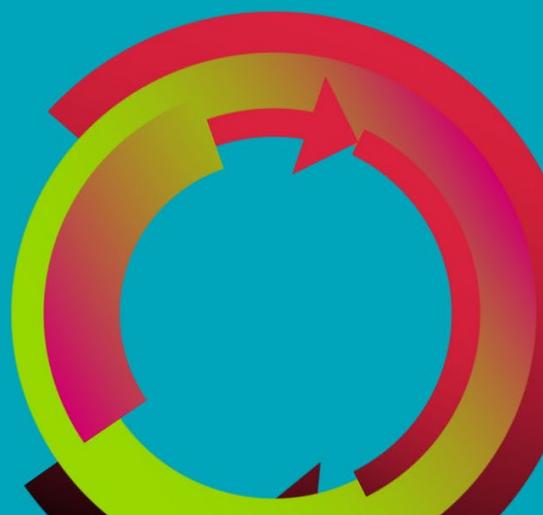


# Fachbericht 2024



Für den Fachbericht Recycling bündeln technische Expert:innen von SENS eRecycling und Swico ihr Wissen und ihre Erfahrungen aus dem Bereich Elektrogeräte-Recycling. Gemeinsam stellen sie dieses geballte Know-how Fachleuten, Organisationen sowie Medien und Interessierten kostenlos zur Verfügung.

Der Fachbericht wird seit 2013 im Wechsel von SENS eRecycling und Swico herausgegeben. Die aktuelle Ausgabe für 2024 wird von SENS eRecycling betreut und erscheint erstmals in rein digitaler Form unter [www.fachbericht.ch](http://www.fachbericht.ch).

[Zum Fachbericht 2024](#)

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis.....   | 2  |
| Vorwort .....   | 3  |
| Porträt Recyclingsysteme.....   | 4  |
| 01 Technische Kommission – Swiss Finish im Elektroschrottreycling .....       | 5  |
| 02 Mengen 2023 .....  | 7  |
| 03 Stolze Performance dreier topmoderner Kühlgeräte-Recyclinganlagen .....    | 13 |
| 04 Recycler-Audits: Ansatz und Methoden .....                                 | 18 |
| 05 LED-Recycling.....   | 21 |
| 06 Rückblick RUAG Environment .....   | 28 |
| 07 Status CENELEC Revision .....  | 30 |
| 08 Swico und EMPA – die erfolgreiche 30-jährige Zusammenarbeit.....           | 33 |
| 09 Swico Innovationsfonds.....  | 36 |
| 10 Endverarbeitung edelmetallhaltiger Fraktionen.....                         | 41 |
| 11 Stand der Technik im Elektroschrottreycling .....                          | 45 |
| 12 Umgang mit beschädigten Lithium Batterien.....                             | 48 |
| 13 EU Critical Raw Materials Act.....   | 52 |
| 14 Monitoring von geschmischten Kunststoffsammlungen .....                    | 55 |
| 15 Recycling von Kunststoffabfällen aus Elektro- und Elektronikaltgeräte..... | 59 |
| Porträt Autor:innen 2024 .....  | 63 |
| Links und Impressum .....   | 69 |

## Vorwort

### Wird das Schliessen von Kreisläufen bald zum Volkssport?

Lange haben wir darauf hingearbeitet, Mitte März hat das Parlament das revidierte Umweltschutzgesetz für eine starke Schweizer Kreislaufwirtschaft angenommen. Wir hoffen, dass uns das neue Gesetz den Steilpass dazu liefert, um die Grundprinzipien – Wiederverwendung, Reparatur und Recycling – noch stärker in der Bevölkerung zu verankern. Schön wär's, wenn das Schliessen von Kreisläufen künftig gar zu einer neuen Volkssportart werden würde!

Dass wir mit unserem Elektroschrottreycling international in der Top-Liga spielen, zeigt unser diesjähriger Fachbericht erneut eindrücklich auf. Mit den ergänzenden Technischen Vorschriften (eTV), dem «Swiss Finish», sorgen wir dafür, dass dies auch in Zukunft so bleibt. Im Jahr 2023 wurden die eTV von unserer Technischen Kommission überarbeitet und aktualisiert. Da diese in einzelnen Punkten über die internationalen Standards hinausgehen, garantieren sie nicht nur eine zuverlässige und einheitliche Verarbeitungsqualität der zurückgenommenen Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) in der Schweiz, sondern auch eine der höchsten in Europa. Durch regelmässige Audits stellen wir von SENS und Swico sicher, dass dieser hohe Standard von unseren Recyclingpartnern eingehalten wird.

In einer Branche, in der Schadstoffe allgegenwärtig sind, setzen wir alles daran, um Mensch und Natur bestmöglich zu schützen: Gemeinsam mit der Empa haben wir im vergangenen Jahr untersucht, wie Lithium-Akkus sicher im Wasser entladen werden können und wie wir gewährleisten, dass die dabei gebildeten Gase weder die Umwelt noch die beteiligten Mitarbeitenden gefährden. Auch in punkto Rückgewinnung von Wert- und Schadstoffen setzen wir immer wieder neue Massstäbe: Unter anderem verfügen wir in der Schweiz über drei der modernsten Recyclinganlagen für die Rückgewinnung von klimaschädlichen Kälte- und Treibmitteln in Europa.

In den kommenden Jahren werden wir weiter danach streben, unseren europäischen Spitzenplatz im Recycling zu sichern. Hierzu werden wir unsere Partnerschaften weiter festigen, neue eingehen und Innovationen vorantreiben. Dabei zählen wir auch auf Ihre Unterstützung, geschätzte Leserinnen und Leser aus Wirtschaft, Politik und Verwaltung und danken Ihnen für Ihr Vertrauen in uns als langjähriges und eingespieltes Team.

Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen unseres Fachberichts, der erstmals rein digital erscheint – und versichern Ihnen: auch im Jahr 2024 bleiben wir mit Leidenschaft am Ball, wenn es um das Schliessen von Kreisläufen geht.

Pasqual Zopp  
Geschäftsführer SENS

Judith Bellaiche  
Geschäftsführerin Swico

## Porträt Recyclingsysteme

### SENS und Swico - Kompetent und nachhaltig

Seit über 30 Jahren sind SENS eRecycling und Swico Recycling verantwortlich für die Rücknahme und das Recycling von Elektro- und Elektronikgeräten in der Schweiz. Gemeinsam publizieren sie alljährlich den Fachbericht Recycling.

#### **SENS eRecycling**

SENS ist eine unabhängige, neutrale und nicht gewinnorientierte Stiftung und tritt nach aussen mit der Marke SENS eRecycling auf. Als Expertin für die nachhaltige Wiederverwertung von ausgedienten Elektro- und Elektronikgeräten in und um das Haus, Leuchtmitteln und Leuchten, Photovoltaik-Systemen, Wärmepumpen, E-Zigaretten sowie Fahrzeug- und Industriebatterien trägt SENS entscheidend dazu bei, zukunftsweisende Massstäbe im eRecycling zu setzen.

Dazu arbeitet sie eng mit spezialisierten Netzwerken zusammen, in welchen Parteien vertreten sind, die am Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten beteiligt sind. In Kooperation mit ihren Partnern setzt sich SENS dafür ein, dass das Recycling dieser Geräte im Einklang mit ökonomischen und ökologischen Grundsätzen stattfindet.

[Mehr über SENS](#)

#### **Swico Recycling**

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, Büro, grafische Industrie, Unterhaltungselektronik und Telekommunikation (beispielsweise Kopierer, Drucker, Fernsehapparate, MP3-Player, Fotokameras, Handys) sowie aus der Mess- und Medizinaltechnik.

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.

[Mehr über Swico](#)

## 01 Technische Kommission – Swiss Finish im Elektroschrottreycling

Autoren:

Heinz Böni, Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

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

**Das vergangene Jahr stand ganz im Zeichen der Aktualisierung der ergänzenden Technischen Vorschriften, dem sogenannten «Swiss Finish», und einer gemeinsamen Weiterbildung zur Endverarbeitung von edelmetallhaltigen Fraktionen in spezialisierten Schmelzwerken.**

### Swiss Finish

Die Schweizer Rücknahmesysteme wurden 1992 (SENS) resp. 1994 (Swico) lanciert. Beide setzten von Anfang an auf eine hohe und einheitliche Qualität bei der Verarbeitung von zurückgenommenen Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG). Dafür wurden von Beginn weg externe Auditstellen beauftragt, die in Zusammenarbeit mit den Systemen technische Vorschriften als Grundlage für die Verarbeitung und Auditierung von Elektroschrott-Recyclingprozessen entwickelten. Nachdem die Systeme vorerst noch getrennte Vorschriften hatten und getrennte Audits durchführten, fanden nach den ersten Jahren Joint-Audits statt.

Die zusammengeführten «Technischen Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten» bildeten ab 2009 die Grundlage der Verarbeitung und Auditierung. Sie wurden später in den europäischen WEEELABEX-Standard überführt, der gleichsam die Grundlage für den heutigen CENELEC-Standard (EN 50625) bildete. Die Schweiz hat den europäischen Standard EN 50625 übernommen und 2016 zusätzlich ergänzende Technische Vorschriften – im Sinne eines Swiss Finish – erlassen. Diese wurden 2023 umfassend revidiert. Der Revisionsprozess unter der Leitung der Technischen Kommission Swico/SENS wurde als Entwurf den Recyclingbetrieben zur Stellungnahme unterbreitet und anschliessend finalisiert. Die Arbeiten wurden Ende Oktober 2023 abgeschlossen und traten auf den 1. Januar 2024 in Kraft.

### Weiterbildung der Auditor:innen

Im Abstand von ca. zwei Jahren führt die Technische Kommission Swico/SENS eine obligatorische Weiterbildung durch. Die letztjährige widmete sich dem Thema «Endverarbeitung von edelmetallhaltigen Fraktionen in spezialisierten Schmelzwerken». Für dieses spannende Gebiet konnte als Referent der ehemalige Leiter der Abteilung «EU Government Affairs» bei Umicore, Dr. Christian Hagelüken, gewonnen werden. Sein mehrstündiges Seminar widmete sich schweremässig den Chancen und Herausforderungen des Multimetallrecyclings aus komplexen Produkten und dem Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. Er führte uns einmal mehr vor Augen, dass vieles, was am Schluss aus den Produkten zurückgewonnen werden kann, massgeblich durch Sammlung und Vorbehandlung bestimmt wird. Während die Endbehandlung im Ausland stattfindet, liegt der Handlungsspielraum in der Sammlung und Vorbehandlung in der Schweiz. Dabei ist nach seiner Ansicht das Recycling von Wertstoffen und kritischen Metallen gegenüber rein massenbasierten Recyclingquoten höher zu gewichten.

In Bereich des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien wurde das Umicore-Verfahren der pyro- und hydrometallurgischen Verarbeitung sowie deren Vorteile gegenüber rein mechanischen Verfahren dargelegt. Um auch einen Blick auf die praktische Seite werfen zu können, wurde am zweiten Tag der Weiterbildung die Batterie-Recyclinganlage der Batrec AG in Wimmis besucht, wo auch die neu in Betrieb genommene Lithium-Batterie-Recyclinganlage besichtigt werden konnte. In dieser wird nebst Kobalt und weiteren Metallen auch Lithium zurückgewonnen.

### **Abschluss der Audittätigkeiten der Empa**

Im Zusammenhang mit der Fokussierung der Empa auf Forschung und dem Abbau von routinemässigen Dienstleistungen wurde 2022 gemeinsam mit Swico ein Prozess zur Suche einer Nachfolgelösung für die Audittätigkeit gestartet, der Ende 2023 abgeschlossen werden konnte. Neu wird die Firma dss+ (Zürich und Genf) für Swico die Auditstelle betreiben und die Audittätigkeiten ausführen. Diese Lösung wird von allen Seiten als gut betrachtet, da sich das Auditteam aus ehemaligen Empa-Mitarbeitenden zusammensetzt, die früher selbst Teil des Empa-Auditteams waren.

Das Auditteam umfasst ab 2024 folgende neun Auditor:innen: Anahide Bondolfi, Andreas Bill, Stefanie Conrad, Flora Conte, Arthur Haarman, Niklaus Renner, Daniel Savi, Thekla Scherer und Esther Thiébaud.

[Zum Beitrag](#)

## 02 Mengen 2023

### Zunahme der verarbeiteten Menge im Jahr 2023

Autor: Fabian Elsener, Carbotech AG

**Die verarbeitete Menge an Elektro- und Elektronikaltgeräten ist im Vergleich zum Vorjahr um 9 % gestiegen und übersteigt erneut die 130'000-Tonnen-Marke. 2023 wurden insbesondere mehr Kühl-, Gefrier- und Klimageräte und Elektronikaltgeräte verarbeitet. Ein weniger starker Anstieg konnte bei den Elektrogross- und Elektrokleingeräten verzeichnet werden. Ein Rückgang der verarbeiteten Mengen ist im Bereich Photovoltaik-ausrüstung und Leuchtmittel zu beobachten.**

Im Jahr 2023 haben die Swico- und SENS-Recyclingbetriebe rund 132'000 Tonnen Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) verarbeitet. Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies einen Anstieg von 9 % (Tabelle 1 und Abbildung 1). Die verarbeitete Menge liegt nun wieder auf dem Niveau von 2015 und beendet damit den negativen Trend der letzten Jahre. Die Menge an Kühl-, Gefrier- und Klimageräten hat im Vergleich zum Vorjahr um 20 % zugenommen. Dieser starke Anstieg ist darauf zurückzuführen, dass einerseits mehr Kühlgeräte dem Recyclingsystem zugeführt wurden und andererseits im Jahr 2023 Lagerbestände abgebaut wurden. Durch die Inbetriebnahme von zwei neuen Anlagen als Ersatz für zwei alte Anlagen ist eine effizientere Verarbeitung dieser Menge möglich geworden. Die Menge an Elektronikgeräten stieg gegenüber dem Vorjahr um 13 %. Allerdings ist die Menge der Elektronikgeräte in den letzten zehn Jahren kontinuierlich zurückgegangen. Bei den Elektrogrossgeräten und Elektrokleingeräten ist eine Zunahme von 6 % bzw. 7 % zu beobachten. Auf einen starken Anstieg verarbeiteter Photovoltaik-ausrüstung im Vorjahr folgte im Jahr 2023 ein Rückgang um 40 %. Der starke Anstieg an Photovoltaik-ausrüstung im Vorjahr ist auf Hagelschäden im Jahr 2021 zurückzuführen, wobei die Photovoltaik-ausrüstung grösstenteils erst 2022 recycelt wurde. Die Menge von Nicht-VREG-Geräten, die nicht in den Listen der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) aufgeführt sind, hat im Vergleich zum Vorjahr um 17 % abgenommen.

**Total verarbeitete elektrischer und elektronischer Geräte in der Schweiz in Tonnen aus der Stoffflusserhebung**

Werte in Tonnen

| Jahr                                  | Elektrogross-<br>geräte | Kühl-,<br>Gefrier- und<br>Klimageräte | Elektroklein-<br>geräte | Elektronikgeräte | Leuchtmittel | Photovoltaik | Nicht-<br>VREG-<br>Geräte | Total<br>Tonnen<br>/Jahr |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------------------|
| 2009                                  | 30'400                  | 15'300                                | 14'900                  | 47'300           | 1'100        |              | 1'200                     | 110'200                  |
| 2010                                  | 30'700                  | 15'900                                | 15'400                  | 50'700           | 1'130        |              | 3'500                     | 117'400                  |
| 2011                                  | 27'800                  | 16'800                                | 16'300                  | 51'300           | 1'110        |              | 5'200                     | 118'500                  |
| 2012                                  | 30'300                  | 17'500                                | 18'800                  | 55'500           | 960          |              | 6'000                     | 129'100                  |
| 2013                                  | 30'600                  | 16'700                                | 22'300                  | 53'200           | 1'100        |              | 4'000                     | 127'900                  |
| 2014                                  | 29'400                  | 17'200                                | 23'900                  | 52'000           | 1'100        |              | 3'000                     | 126'600                  |
| 2015                                  | 32'900                  | 18'100                                | 25'000                  | 51'900           | 1'100        | 100          | 3'000                     | 132'100                  |
| 2016                                  | 32'500                  | 19'200                                | 27'900                  | 49'000           | 1'100        | 100          | 1'900                     | 131'800                  |
| 2017                                  | 28'100                  | 19'400                                | 26'700                  | 46'000           | 970          | 300          | 1'300                     | 122'800                  |
| 2018                                  | 34'200                  | 19'900                                | 27'600                  | 41'900           | 1'100        | 300          | 1'000                     | 125'900                  |
| 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                  |
| 2022                                  | 36'100                  | 18'900                                | 30'700                  | 31'500           | 1'000        | 1'000        | 1'800                     | 121'000                  |
| 2023                                  | 38'200                  | 22'700                                | 32'700                  | 35'500           | 900          | 600          | 1'500                     | 132'100                  |
| Veränderungen<br>gegenüber<br>Vorjahr | 6%                      | 20%                                   | 7%                      | 13%              | -10%         | -40%         | -17%                      | 9%                       |

Tabelle 1  
Erstellt mit Datawrapper

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

**Mengen in Tonnen von 2000–2023**

■ Elektrogrossgeräte 
 ■ Kühl-, Gefrier- und Klimageräte 
 ■ Elektrokleingeräte 
 ■ Elektronikgeräte 
 ■ Elektroklein- und Elektronikgeräte zusammen\* 
 ■ Leuchtmittel 
 ■ Photovoltaik 
 ■ Nicht-VREG-Geräte

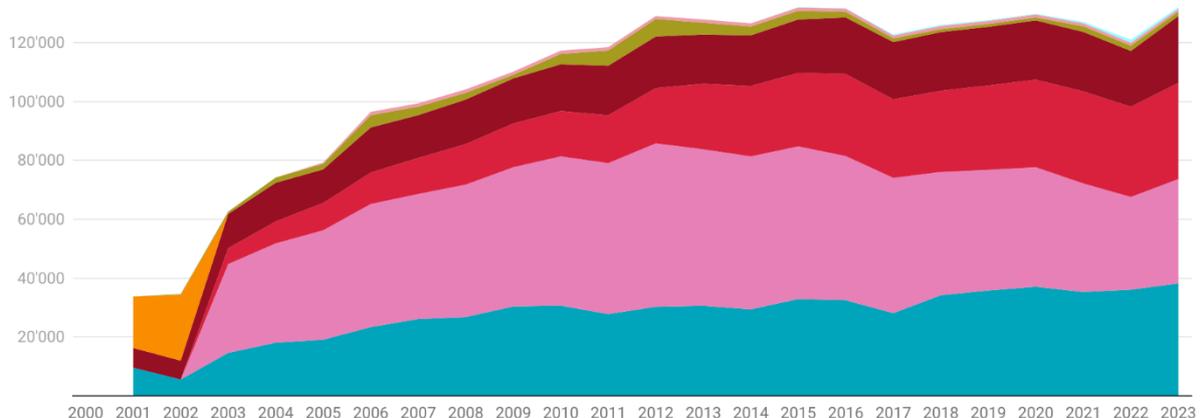


Abbildung 1: Entwicklung der verarbeiteten Gerätemengen in der Schweiz in Tonnen / \*Bis 2002 wurden Elektroklein- und Elektronikgeräte gemeinsam erfasst  
Erstellt mit Datawrapper

Abbildung 1: Entwicklung der verarbeiteten Gerätemengen in der Schweiz in Tonnen  
\*Bis 2002 wurden Elektroklein- und Elektronikgeräte gemeinsam erfasst

### **Wertstoffverwertung**

Aus den verarbeiteten EAG werden durch manuelle und maschinelle Verarbeitung Wert- und Schadstofffraktionen gewonnen (Abbildung 2). Die grösste Wertstofffraktion bilden die Metalle mit 61 %. Die zwei nächstgrössten Fraktionen sind Kunststoff-Metall-Gemische mit 20 % und Kunststoffe<sup>1</sup> mit 7 % Anteil. Der Anteil an Kabel und Glas machen jeweils rund 2 % der gesamten Wertstoffmenge aus. Die besonders wertvollen Leiterplatten entsprechen ca. 1,5 % der Gesamtmenge.

Die Wertstofffraktionen von den Swico- und SENS-Recyclingbetrieben werden einer weiteren Verarbeitung zugeführt. Dort werden sie stofflich oder thermisch verwertet. Swico- und SENS-Recyclingbetriebe haben für die weitere Verarbeitung Stoffflussnachweise zu erbringen, welche die Folgebehandlung dieser Fraktionen beschreiben. Gewisse Folgeabnehmer werden von den Auditierenden der TK Swico/SENS auditiert. Eisenmetalle werden in der Schweiz oder der EU verarbeitet. Kunststoff-Metall-Gemische werden weiter aufgetrennt; je nach Trennungsverfahren 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 dank neuen Verarbeitungsmöglichkeiten ständig abnimmt. Auch Glasfraktionen sowie Kabel, Leiterplatten und Batterien werden speziellen Verwertungsverfahren (oft in der EU) zugeführt.

### **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 PCB-verdächtige Kondensatoren aus Haushaltgrossgeräten oder Vorschaltgeräten sowie Batterien in kleinen EAG manuell herausgenommen. Die Schadstoffentfrachtung und der Umgang mit den Schadstoffen muss stetig den veränderten Technologien und neusten Erkenntnissen angepasst werden. Die Betriebe müssen aber auch weiterhin in der Lage sein, Schadstoffe aus älteren Gerätegenerationen sachgerecht zu entnehmen und zu entsorgen. Dies stellt hohe Anforderungen an die Arbeit der Recyclingbetriebe und setzt hochstehende Qualitätssicherungssysteme voraus.

---

<sup>1</sup> Kunststoffe beinhalten sowohl verwertete als auch nicht verwertete Kunststoffe, wie z. B. Schredderleichtfraktionen

**Wertstoffe 2023**

Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % des Gewichts im Jahr 2023

- Metalle
- Kunststoff-Metall-Gemisch
- Kunststoffe
- übrige Stoffe
- Glas
- Kabel
- Leiterplatten
- Schadstoffe
- Tonerkartuschen
- Schadstofffrachtete Geräte
- Bildröhren
- Metall aus Photovoltaik
- LCD

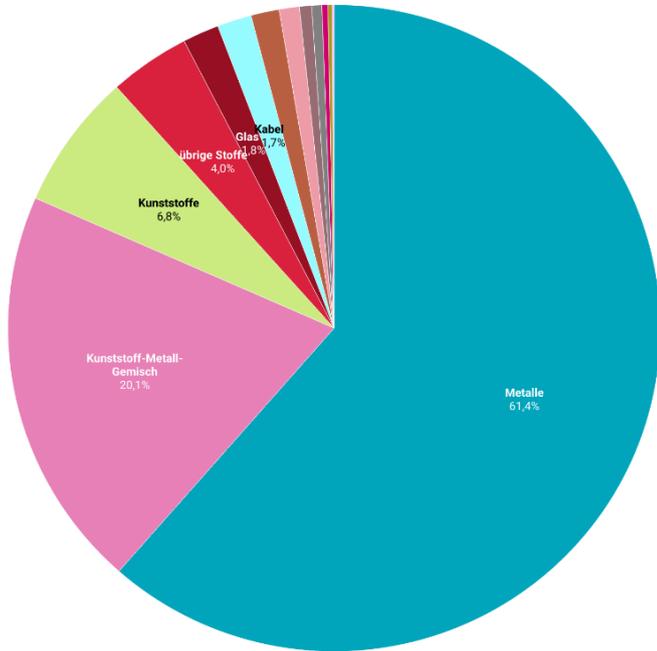


Abbildung 2.1: Wertstoffe  
Erstellt mit Datawrapper

Abbildung 2.1: Wertstoffe, Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % des Gewichts im Jahr 2023

**Schadstoffe 2023**

Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % des Gewichts im Jahr 2023

- Batterien
- Kondensatoren
- Öl
- Kälte- und Treibmittelgemische
- Leuchtstoff
- Asbesthaltige Geräteteile
- Quecksilberhaltige Komponenten
- Andere schadstoffhaltige Rückstände
- Ammoniak (NH3)

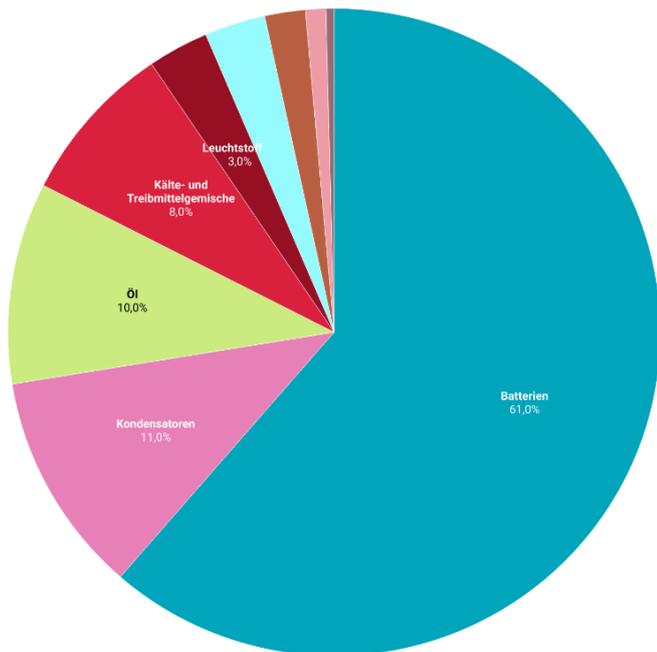


Abbildung 2.2: Schadstoffe  
Erstellt mit Datawrapper

Abbildung 2.2: Schadstoffe, Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % des Gewichts im Jahr 2023

### Trends in der Zerlegung

Um einen Trend bei der manuellen Zerlegung zu erkennen, ist in der Abbildung 3 die Menge der Fraktionen Batterien, Kondensatoren und Leiterplatten relativ zur Gesamtmenge der verarbeiteten Geräte dargestellt. Der Anteil der aussortierten Leiterplatten (sowohl manuell als auch maschinell) ist im Jahr 2023 gegenüber dem Vorjahr gestiegen. Dies ist auf die Inbetriebnahme einer neuen Technologie für die Sortierung von Leiterplatten zurückzuführen. Zusätzlich ist zu erkennen, dass der Anteil Batterien tendenziell zunimmt. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die Sensibilisierung der Recyclingbetriebe auf die Gefahren von Lithiumbatterien vermehrt Batterien manuell entfernt werden. Der Anteil der entfernten Kondensatoren ist über die Jahre gleichbleibend, wobei in den letzten drei Jahren eine leichte Abnahme zu beobachten ist. Letzteres kann durch die Entwicklung der Kondensatoren sowie durch die weniger tiefe Zerlegung erklärt werden.

### Entwicklung der separierten Batterien, Kondensatoren und Leiterplatten relativ zur Gesamtmenge

Anteile manuell entfernte Fraktionen in Prozent

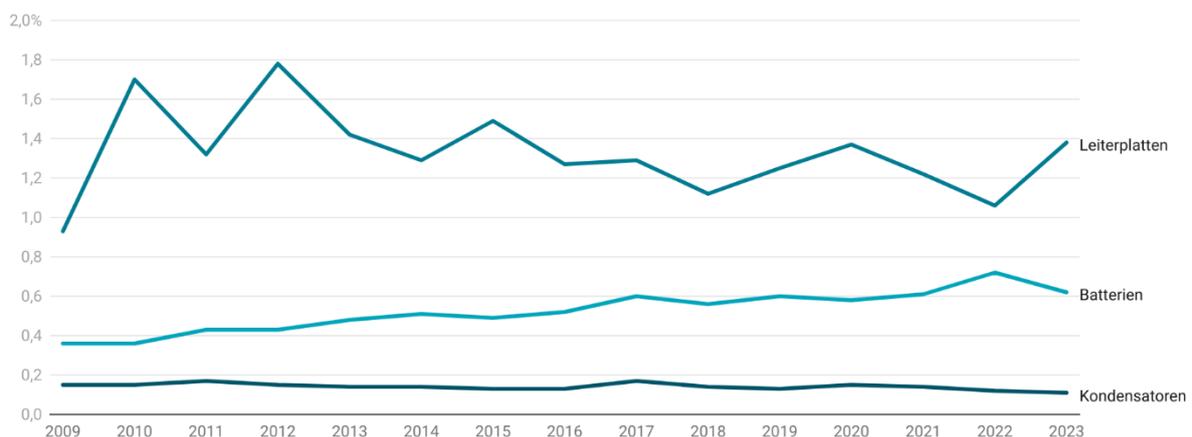


Abbildung 3  
Erstellt mit Datawrapper

Abbildung 3: Anteile manuell entfernte Fraktionen in Prozent

### 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 mit Produktgruppen durch (Tabelle 2). Im Jahr 2023 hat Swico Recycling 39'018 Tonnen<sup>2</sup> Elektronikgeräte zurückgenommen, das sind 3 % weniger als im Vorjahr. Die entsprechenden Stückzahlen bei den CRT-Fernsehern sind weiterhin rückläufig und setzen damit den langfristigen Trend fort. Das Gesamtgewicht an zurückgenommenen Flachbildschirmmonitoren und -fernsehern ist im Vergleich zum Vorjahr um rund 3 % gesunken, obwohl die Stückzahlen leicht angestiegen sind. Die Stückzahl der Mobiltelefone und Unterhaltungselektronik nimmt weiter zu.

<sup>2</sup> Diese Zahl ist grösser als die 35'500 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben. Zudem enthalten die Mengenangaben der vorherigen Kapitel die verarbeiteten, jedoch nicht die gesammelten Mengen.

Da die Durchschnittsgewichte bei den Mobiltelefonen und der Unterhaltungselektronik gesunken sind, resultiert trotzdem ein Rückgang des Gesamtgewichts von 3 %. Bei den übrigen Fraktionen wie PC, Laptops, Drucker, Kopiergeräte und sonstige IT-Geräte ist die gesammelte Masse zurückgegangen, was bei PC, Laptops und Kopiergeräten auf einen Rückgang der Stückzahlen und bei Druckern und sonstigen IT-Geräten auf einen Rückgang der Durchschnittsgewichte zurückzuführen ist.

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

#### Gesammelte Swico Mengen und Zusammensetzung nach Gerätetyp

|                           | Anzahl<br>4) (in<br>Tausend) | Durchschnitts-<br>gewicht (in<br>Kilogramm) | Metalle<br>(in<br>Tonnen) | Kunststoffe<br>(in Tonnen) | Metall-<br>Kunststoff-<br>Gemische<br>(in Tonnen) | Kabel<br>(in<br>Tonnen) | Glas<br>und/oder<br>LCD-<br>Module<br>(in<br>Tonnen) | Leiterplatten<br>(in Tonnen) | Schadstoffe<br>(in Tonnen) | Weiteres<br>5) (in<br>Tonnen) | Total (in<br>Tonnen) | Zu-/Abnat<br>gegenüber<br>2022 |
|---------------------------|------------------------------|---|---------------------------|----------------------------|---|-------------------------|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| PC Monitor CRT            | 9                            | 16.8  | 22                        | 29                         | 14  | 4                       | 64   | 13                           | 0                          | 1                             | 146                  | -3%                            |
| PC Monitor FPD 1)         | 523                          | 6.3   | 1'174                     | 1'175                      | 71  | 40                      | 487  | 233                          | 34                         | 82                            | 3'296                | -3%                            |
| PC/Server                 | 320                          | 10.9  | 2'862                     | 202                        | 9   | 107                     |  | 290                          | 11                         |                               | 3'480                | -3%                            |
| Laptop                    | 423                          | 2.2   | 278                       | 278                        | 97  | 5                       | 83   | 138                          | 66                         | 4                             | 949                  | -3%                            |
| Drucker                   | 431                          | 10.3  | 1'572                     | 2'387                      | 273   | 24                      | 30   | 77                           | 1                          | 72                            | 4'436                | -3%                            |
| Grosskopierer/Grossgeräte | 31                           | 137.5                                       | 2'327                     | 160                        | 1'528   | 77                      | 3  | 35                           | 37                         | 109                           | 4'275                | -3%                            |
| IT gemischt 2)            | 1084                         | 1.9   | 1'083                     | 75                         | 746   | 36                      | 2  | 15                           | 17                         | 51                            | 2'025                | -3%                            |
| CRT-Fernseher             | 34                           | 28.5  | 94                        | 195                        | 32  | 3                       | 618  | 12                           | 1                          | 1                             | 956                  | -3%                            |
| FPD-Fernseher             | 362                          | 21.6  | 3'770                     | 1'403                      | 822   | 107                     | 685  | 655                          | 87                         | 279                           | 7'809                | -3%                            |
| UE gemischt 3)            | 4389                         | 2.2   | 5'131                     | 349                        | 3'457   | 174                     | 5  | 75                           | 83                         | 242                           | 9'516                | -3%                            |
| Telefon mobil             | 1055                         | 0.1   | 22                        | 46                         |   |                         | 7  | 29                           | 26                         |                               | 128                  | -3%                            |
| Telefon Rest              | 1115                         | 1.6   | 985                       | 65                         | 645   | 33                      | 1  | 14                           | 16                         | 46                            | 1'805                | -3%                            |
| Foto/Video                | 235                          | 0.6   | 72                        | 5                          | 52  | 3                       | 0  | 1                            | 1                          | 4                             | 138                  | -3%                            |
| Dental                    |                              |   |                           |                            |   |                         |  |                              |                            |                               | 58                   | 12%                            |
| <b>Total in Tonnen</b>    |                              |   | 19'391                    | 6'369                      | 7'747   | 613                     | 1'985  | 1'586                        | 379                        | 890                           | 39'018               | -3%                            |
| <b>Total in Prozent</b>   |                              |   | 50%                       | 16%                        | 20%   | 2%                      | 5%   | 4%                           | 1%                         | 2%                            | 100%                 |                                |

Tabelle 2: 1) FPD: Flachbildschirme, verschiedene Technologien (LCD, Plasma, OLED, ...) 2) IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PC/Server, Laptops, Drucker, Grosskopierer/Grossgeräte 3) Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte 4) Hochrechnung 5) Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen 6) Diese Zahl ist grösser als die 35'500 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben. Zudem ist in Tabelle 1 die verarbeitete Menge zu sehen und hier die gesammelte Menge. / Quelle: Fabian Elsener, Carbo tech, auf der Basis von Verarbeitungs- und Warenkorbanalysen Swico (2022)  
Erstellt mit Datawrapper

#### Tabelle 2:

- 1) FPD: Flachbildschirme, verschiedene Technologien (LCD, Plasma, OLED, ..)
- 2) IT-Geräte, gemischt, ohne Monitore, PC/Server, Laptops, Drucker, Grosskopierer/Grossgeräte
- 3) Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne TV-Geräte
- 4) Hochrechnung
- 5) Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen
- 6) Diese Zahl ist grösser als die 35'500 Tonnen Elektronikgeräte in Tabelle 1, da darin auch Geräte enthalten sind, welche die A-Unterzeichner über Direktverträge entsorgt haben. Zudem ist in Tabelle 1 die verarbeitete Menge zu sehen und hier die gesammelte Menge. / Quelle: Fabian Elsener, Carbo tech, auf der Basis von Verarbeitungs- und Warenkorbanalysen Swico (2022)

[Zum Beitrag](#)

## 03 Stolze Performance dreier topmoderner Kühlgeräte-Recyclinganlagen

### Was hat das Recycling eines alten Kühlschranks mit einer Autofahrt nach Singapur und retour gemeinsam?

Autoren:

Niklaus Renner, TK SENS, IPSO ECO AG

Thekla Scherer, TK SENS, IPSO ECO AG

**Die Schweiz besitzt mit den technisch hochgerüsteten, 2023 in Betrieb genommenen Recyclinganlagen der Firmen Immark AG und E. Flückiger AG sowie der ebenfalls sehr jungen Anlage der Oeko-Service Schweiz AG den wohl modernsten Anlagenpark Europas. Das Resultat sind rekordhohe Quoten für die Rückgewinnung der klimaschädlichen Kälte- und Treibmittel.**

#### 25 000 km mit dem Auto

Wussten Sie, dass sich in einem alten Kühlschrank der höhere Anteil des darin enthaltenen klimaschädlichen Gases nicht im Kompressor, sondern in der Polyurethan(PU)-Schaumisolation befindet? Und wussten Sie, dass durch das State-of-the-art-Recycling dieses einen Kühlschranks der Atmosphäre unglaublich viele CO<sub>2</sub>-Äquivalente erspart bleiben? Dies entspricht etwa so viel, wie eine Fahrt von Zürich nach Singapur und zurück (rund 25'000 km) mit einem Benzinauto emittieren würde. Das ist kaum vorstellbar – und dennoch eine Tatsache.

Die in Kompressoren und PU-Isolationsschäumen enthaltenen VFC-Kälte- und Treibmittel (*volatile fluorinated carbons*, fluorierte flüchtige Verbindungen wie [H]FCKW/HFKW) verfügen über ein Treibhauspotenzial, das jenes von CO<sub>2</sub> um das 1000- bis mehr als das 10'000-fache übersteigt. Einerseits deshalb und andererseits aus Gründen ihrer ozonschichtschädigenden Wirkung gehören solche Substanzen mittels High-Tech-Anlagen dem Recycling entzogen und unschädlich gemacht. Die Rückgewinnung und anschliessende Hochtemperaturverbrennung der Kälte- und Treibmittel und ihre Verwandlung in weit weniger klimawirksames CO<sub>2</sub> sowie in Wasser und Säuren resp. Salze sind ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz.



Abb. 1: Die fiktive Autofahrt nach Singapur retour entspricht 25'000 km. Eine entsprechende CO<sub>2</sub>-Menge wird durch das Recycling eines alten Kühlschranks vermieden. Bildquelle: Google Earth

### Brandneuer Anlagenpark

2023 war ein spezielles Jahr: Die zwei neuen Kühlgeräte-Recyclinganlagen der Immark AG in Aarwangen und der E. Flückiger AG in Rothrist wurden von der SENS abgenommen und haben ihre Produktion beständig hochgefahren. Dagegen wurde die Anlage der Immark AG in Schattdorf Ende Februar 2023 stillgelegt. Zusammen mit der ebenfalls hochmodernen Anlage der Oeko-Service Schweiz AG wurden 2023 schweizweit gut 440'000 Geräte oder 22'700 Tonnen mit höchster Verarbeitungsqualität in ihre Wert- und Schadfraktionen zerlegt. Dabei wurden rekordhohe Rückgewinnungsquoten bezüglich der klimaschädlichen Kälte- und Treibmittel erzielt.

Die folgenden Abbildungen geben einen kleinen Einblick in die Kühlgeräte-Rückproduktion auf den drei industriellen Recyclinganlagen (Abbildungen 2–5).



Abb. 2: Absaugen der Kältemittel bei der Immark AG in Aarwangen (Stufe 1). Bildquelle: Immark AG



Abb. 3: Verarbeitung der Gehäuse in gasdichtem Shredder bei der E. Flückiger AG in Rothrist (Stufe 2). Bildquelle: E. Flückiger AG



Abb. 4: Absaugung der Kältemittel bei der Oeko-Service Schweiz AG in Rheinfelden (Stufe 1).

Bildquelle: Oeko-Service Schweiz AG

Abb. 5: Übersicht über sämtliche aus der Stufe-1- und Stufe-2-Verarbeitung resultierenden Fraktionen.

Bildquelle: Oeko-Service Schweiz AG

### Aufwändige Behandlung nach dem Stand der Technik

Bei Wärmeüberträgergeräten macht das Vorhandensein klimarelevanter Substanzen die Verarbeitung auf einer hochspezialisierten, gasdichten Anlage notwendig. Die Anforderungen haben wir im letzten Fachbericht ausführlich beschrieben; die in naher Zukunft publizierte BAFU-Vollzugshilfe zur VREG gibt den Stand der Technik detailliert wieder. In einem ersten Schritt (Stufe 1) müssen die Kältemittel verlustfrei aus den Kompressoren abgesaugt werden. Nach dem Entfernen der entleerten Kompressoren werden auf Stufe 2 die Gerätegehäuse mit Rotorschern und nachgelagerten Magnet- und Wirbelstromscheidern in ihre Fraktionen zerlegt. Die PU-Schäume werden einer thermischen Behandlung mittels Pelletierpressen oder anderer Heizelemente unterzogen (Poren- und Matrixentgasung). Diese kontrollierte Ausgasung und Kondensation der Treibmittel erfolgt bei allen drei Schweizer Anlagen über mechanische Kältetechnik. Die Abluftströme der Anlagen werden erst in die Atmosphäre entlassen, wenn sie diverse Filteraggregate durchlaufen haben. Dabei erfolgt eine kontinuierliche Messung der Gas-Restkonzentrationen gemäss den Anforderungen der Luftreinhalteverordnung (LRV). Alle zurückgewonnenen Kälte- und Treibmittel werden in Druckgastanks gesammelt und als Sonderabfälle in Hochtemperaturverbrennungsanlagen vollständig verbrannt.

### Noch immer 20 % klimaschädliche VFC-Geräte

Im Jahr 2011 fiel der Anteil der alten, klimaschädlichen VFC-Geräte erstmals unter die 50%-Grenze; seither steigt der Anteil der VHC-Geräte (*volatile hydrocarbons*, flüchtige Kohlenwasserstoffe wie Isobutan und Cyclopentan) beständig. Eine ursprünglich vermutete rasche Abnahme des Anteils an VFC-Geräten bewahrheitete sich jedoch nicht; stattdessen kann nur eine langsame Reduktion beobachtet werden. Die Abwärtskurve wird sich also noch über einen längeren Zeitraum asymptotisch Null nähern. In der aktuellen Erhebungsperiode zählen noch rund 20 % der Altgeräte zum umweltschädlichen Typ (24 % resp. 19 % in Bezug auf Stufe 1 resp. Stufe 2). Die ammoniakhaltigen Absorbersysteme, wie sie typisch sind für Hotel-Minibars, machen noch knapp 2 % aller Altkühlgeräte aus. Siehe Diagramm 1.

## Anteile der Gerätetypen

Werte in Prozent

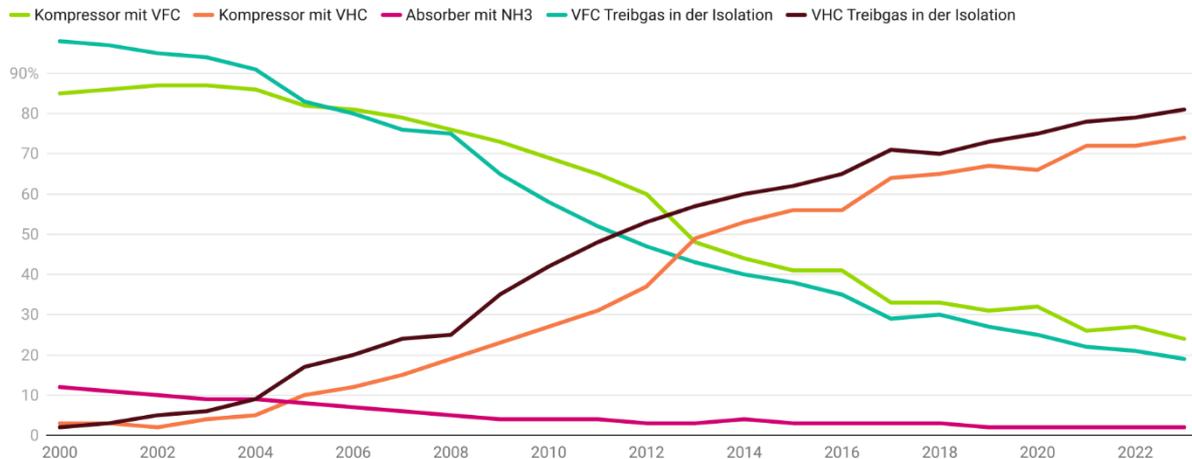


Diagramm 1: Entwicklung der auf Stufe 1 (VFC- resp. VHC-haltige Kompressoren, ammoniakhaltige Absorbersysteme) und Stufe 2 behandelten Gerätetypen (VFC- resp. VHC-haltiger PU-Isolationsschaum)  
Created with Datawrapper

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

## Abnehmende Entsorgungsmengen unabhängig von der gesteigerten Gesamt-Anlagenperformance

Immer höhere Anteile an VHC-Geräten haben aufgrund der sehr viel tieferen VHC-Einfüllmengen in den Kompressoren resp. VHC-Konzentrationen in der PU-Isolation grundsätzlich immer tiefere absolute Massen an zurückgewonnenen Gasgemischen zur Folge. Dieser Trend wird aufgrund der hervorragenden Abtrennleistungen der neuen Recyclinganlagen von über 95 % aktuell verzögert. Die zu entsorgenden Mengen an Kälte- und Treibmittelgemischen werden in Zukunft jedoch selbst mit dem neusten Anlagenpark und bei unverändert hoher Rückgewinnungseffizienz von weit mehr als den geforderten Zielwerten von 90 % stetig abnehmen (siehe Diagramm 2).

Pro Gerät wurden 2023 die folgenden Rückgewinnungsmengen erzielt:

- Kältemittelgemisch VFC/VHC: 68 g (Vorjahr: 53 g)
- Treibmittelgemisch VFC/VHC: 51 g/kg PU-Schaum (Vorjahr: 35 g)
- Kompressoröl: 148 g (Vorjahr: 118 g)

### Rückgewinnungsmengen

Werte in Gramm pro Gerät

■ 1. Stufe g Kältemittel pro Gerät ■ 1. Stufe g Öl pro Gerät ■ 2. Stufe g Treibmittel pro kg Isolationsschaum

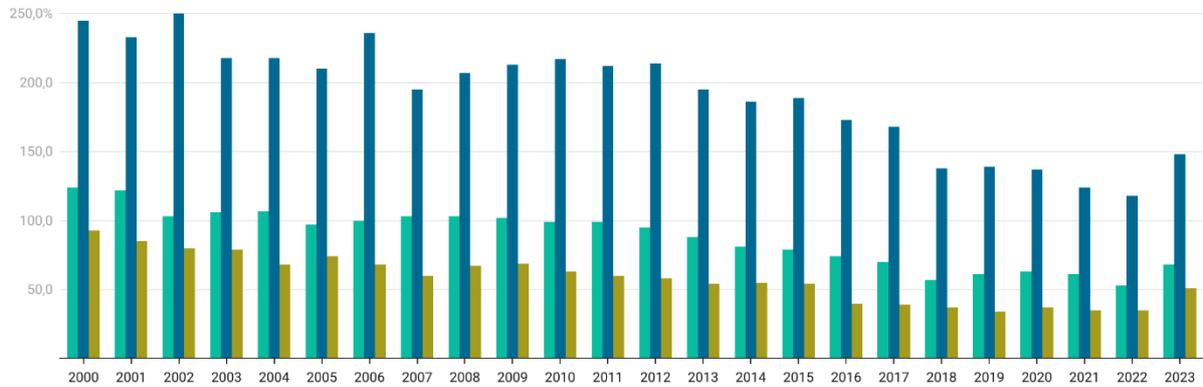


Diagramm 2: Entwicklung der Rückgewinnungsmengen auf Stufe 1 (Gramm Kältemittelgemisch und Öl pro Gerät) bzw. Stufe 2 (Gramm Treibmittelgemisch pro Kilogramm PU-Isolationsschaum)  
Erstellt mit Datawrapper

Diagramm 2: Entwicklung der Rückgewinnungsmengen auf Stufe 1 (Gramm Kältemittelgemisch und Öl pro Gerät) bzw. Stufe 2 (Gramm Treibmittelgemisch pro Kilogramm PU-Isolationsschaum)

[Zum Beitrag](#)

## 04 Recycler-Audits: Ansatz und Methoden

Autorin: Anahide Bondolfi, TK SENS, Abeco GmbH

**Die Recycler, die als Partner für die SENS- und Swico-Rücknahmesysteme fungieren, verpflichten sich vertraglich, bestimmte technische Anforderungen zu erfüllen. Wie stellen SENS und Swico sicher, dass diese Anforderungen erfüllt werden?**

Dies geschieht in erster Linie durch Audits und Batchversuche, die von den Auditor:innen der Technischen Kommission SENS/Swico durchgeführt werden. Wie sehen diese Audits konkret aus und nach welchen Standards werden sie abgewickelt? Wie wird sichergestellt, dass die Umsetzung der Anforderungen bei allen Recyclern gleich streng kontrolliert wird? Welche Kontrollen werden vorgelagert durchgeführt, insbesondere in den Zerlegebetrieben, und welche nachgelagert, beispielsweise bei ausländischen Rücknahmeunternehmen? Ziel dieses Artikels ist es, jene Fragen zu beantworten, die die unterschiedlichen Akteur:innen im Recyclingprozess den Auditor:innen häufig stellen.

### **Welche Standards gelten für die Audits?**

Die Audits, die bei den Recyclern durchgeführt werden, basieren auf der europäischen Normenreihe CENELEC SN EN 50625, die die Anforderungen an das Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten in den wichtigsten Phasen der Verarbeitung (Sammlung, manuelle Verarbeitung, mechanische Verarbeitung, Endverarbeitung usw.) festlegt. Sie stützen sich auch auf die ergänzenden technischen Vorschriften von SENS und Swico zur Ergänzung der Normenreihe SN EN 50625. Dieses Dokument, das Teil der Anhänge zum Vertrag der Recycler ist, ergänzt die europäischen Anforderungen um schweizerische Besonderheiten, wie beispielsweise die zu erreichenden Recyclingquoten.

Die Audits stützen sich auch auf die geltenden Schweizer Rechtsvorschriften. Obwohl Fragen zur Überprüfung der Einhaltung mehrerer Rechtsvorschriften (Wasserwirtschaft, Lärm usw.) behandelt werden, ist es aufgrund der Dauer des Audits nicht möglich, alle umweltrechtlichen Vorschriften systematisch abzudecken. Der Schwerpunkt des Audits liegt auf der Abfallwirtschaft. Abgesehen von den Audits, die im Auftrag von SENS und Swico durchgeführt werden, sind die Kantone weiterhin für die Kontrolle der Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen durch die Recycler zuständig.

### **Wer führt die Audits bei den Recyclern durch?**

Die Audits werden von den Auditor:innen der Technischen Kommission SENS und Swico durchgeführt. Im Falle von SENS handelt es sich dabei um Mitarbeitende der Firmen Abeco GmbH, Büro für Umweltchemie GmbH, Carbotech AG und IPSO ECO AG, im Falle von Swico um die Firma DSS+. Die zu auditierenden Recycler werden den Mitgliedern der Technischen Kommission jedes Jahr auf der Grundlage verschiedener Kriterien zugewiesen: besondere Kenntnisse in bestimmten Themenbereichen wie dem Recycling von Leuchtmitteln, geografische Nähe usw.

### **Wie koordinieren sich die Auditor:innen untereinander?**

Jeder Recycler hat seine Besonderheiten. Um eine möglichst faire Beurteilung der Recycler zu gewährleisten, findet ein regelmässiger Austausch zwischen den Auditor:innen statt. Es werden mindestens viermal im Jahr Treffen mit der Technischen Kommission SENS und Swico organisiert. Ausserdem werden intern bei SENS und Swico regelmässig Fortschrittskontrollen durchgeführt. Diese Treffen sowie verschiedene thematische Arbeitsgruppen und informelle Gespräche tragen zur Harmonisierung der Auditpraktiken bei.

### **Welche Sachverhalte werden beim Audit eines Recyclers überprüft?**

Es gibt mehrere Punkte, die im Auditprotokoll aufgeführt sind und anhand derer die Einhaltung der Anforderungen überprüft werden kann:

- Austausch mit dem Team, etwa über das Managementsystem, die Ausbildung oder die interne Kontrolle der Sortier- und Aufbereitungsqualität;
- Kontrolle der Dokumente: zum Beispiel die Begleitdokumente für die Beförderung von Sonderabfall in der Schweiz sowie die Notifizierungen und Begleitscheine für die Ausfuhr von Abfällen, mit denen die Empfänger und Kanäle, die Konformität der verwendeten Codes sowie die deklarierten Mengen überprüft werden können;
- Kontrolle der jährlichen Meldung von Materialströmen: Eine Überprüfung stellt sicher, dass alle erwarteten Fraktionen gemeldet werden, und zwar in Mengen, die den üblichen Werten entsprechen. Eine fehlende Fraktion kann auf einen Fehler in der Klassifizierung bei der Anmeldung oder auf einen Fehler bei der Sortierung der Fraktion zurückzuführen sein;
- Laboranalysen (Metallverluste, Schadstoffmengen); und
- Vor-Ort-Besuche: Sie dienen dazu, die Übereinstimmung zwischen den mit dem Team während des Audits besprochenen Punkten und den tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort zu bestätigen.

Darüber hinaus können mit Hilfe von Batchversuchen Recycling- und Verwertungsquoten berechnet werden, die ebenfalls die während des Audits gesammelten Daten ergänzen.

### **Werden auch die übrigen vor- und nachgelagerten Akteur:innen der Kette überprüft?**

Recycler werden einmal jährlich auditiert. Darüber hinaus werden auch andere Akteur:innen kontrolliert, allerdings in unterschiedlichen Abständen. Die vorgelagerten Partner, die Zerlegebetriebe, werden alle zwei Jahre auditiert. Für diese Betriebe gelten dieselben Anforderungen wie für die Recycler (identischer Bezugsrahmen). Bei der Schadstoffentfrachtung kann der Recycler, der für den Zerlegebetrieb verantwortlich ist, selbst entscheiden, in welcher Phase die Entfrachtung durchgeführt werden soll. So müssen beispielsweise Ölradiatoren vor der Zerlegung entleert werden. Der Recyclingbetrieb kann jedoch bestimmen, ob die Entfrachtung des Öls durch den Zerlegebetrieb stattfindet, oder erst, wenn der Radiator beim Recycler angekommen ist.

Nachgelagerte Partner, wie beispielsweise die Abnehmer von Fraktionen, die vom Recycler stammen, werden ebenfalls überprüft. Kontrolliert werden vor allem die Abnehmer, die eine zusätzliche Sortierung vornehmen, wie beispielsweise die Kunststoffrecycler oder diejenigen, die Kunststoffe von Nichteisenmetallen trennen. Diese Kontrollen werden manchmal im Rahmen von Batchversuchen bei nachgelagerten Aufbereitungsbetrieben durchgeführt.

Auf diese Weise tragen diese Audits dazu bei, eine hohe Umweltqualität des Recyclings in der gesamten Kette zu gewährleisten.

[Zum Beitrag](#)

## 05 LED-Recycling

### LED in der Entsorgung – neue Technologie, neue Probleme?

Autoren:

Heinz Böni, Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Flora Conte, TK SENS, Carbotech AG

Urs Gerig, Recyclingpartner Immark AG

David Wampfler, E-Waste Manager und Standortleiter Moudon / Groupe BAREC

**Light-emitting diodes (LED) sind sowohl in Bildschirmen als auch in Leuchtmitteln im Einsatz. Im Vergleich zu anderen Leuchtmitteln gelten sie als umweltfreundlichere Beleuchtungsoption. Allerdings enthalten LED-Lampen einige Materialien, die potenziell schädlich sein können, wenn sie nicht ordnungsgemäss entsorgt werden, sowie viele verschiedene Wertstoffe. Was bedeutet dies für das Recycling?**

LED sind aus der Gesellschaft nicht mehr wegzudenken: Sie werden in Beleuchtungen von Gebäuden, Fahrzeugen und Strassen ebenso eingesetzt wie in der Displaytechnik. Dort sorgen sie in unseren Handys, Tablets, Laptops und Fernsehgeräten oder in grossflächigen Anzeigen für ein gleichmässig scharfes und klares Bild. Trotz ihrer vergleichsweise langen Lebensdauer gehen auch sie früher oder später kaputt und müssen entsorgt werden.

#### **Inhaltsstoffe ermöglichen Funktionalitäten**

LED enthalten eine Vielzahl von Materialien, die für verschiedene Funktionen erforderlich sind. Sie bestehen aus Halbleitermaterialien wie Galliumnitrid (GaN), Galliumarsenid (GaAs), Galliumphosphid (GaP) oder Indiumgalliumnitrid (InGaN). Diese Materialien sind entscheidend für die Lichtemission der LED. LED enthalten zudem in geringen Mengen die Schwermetalle Blei und Arsen sowie seltene Erden und Phosphorverbindungen. Das Gehäuse eines LED-Leuchtmittels besteht aus Kunststoff oder Glas und Metall und dient dazu, die inneren Komponenten zu schützen und das Licht zu lenken. Leiterplatten sind die Träger, auf denen die LED-Chips montiert sind. Sie bestehen in der Regel aus einem Isolationsmaterial wie glasfaserverstärktem Epoxidharz und enthalten Edelmetalle.

#### **Schad- und Wertstoffe in LED**

Im Zusammenhang mit der Verarbeitung von Flachbildschirmen mit LED-Hintergrundbeleuchtung tauchte immer wieder die Vermutung auf, dass diese Quecksilber und Cadmium enthalten. Swico ist dieser Frage in Zusammenarbeit mit der Immark AG Schattdorf nachgegangen: Sie hat LED aus TV- und Monitor-Hintergrundbeleuchtungen sowie von LED-Leuchtmitteln (ältere Modelle) chemisch analysieren lassen, um festzustellen, welche Stoffe in welchen Gehalten in LED vorhanden sind (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 1).

Aufgrund dieser Analysen bezüglich der Schadstoffe lässt sich festhalten, dass in allen Proben Barium und Blei gemessen wurde. Quecksilber wurde in zwei Proben in sehr geringen Gehalten (0,05 resp. 0,01 ppm) gemessen. Der Cadmiumgehalt lag in allen Proben unter der Nachweisgrenze.

In Bezug auf Wertstoffe fallen die hohen Kupfer- und Silbergehalte sowie die Gehalte (in Spuren) von Lanthan (Metall der seltenen Erden) auf. Die Werte von Gallium und Germanium lagen unter der Bestimmungsgrenze.

Zusätzlich liess die Recyclingfirma Thévenaz-Leduc SA LED-Leuchtfäden aus neueren, nicht stabförmigen LED-Leuchtmitteln untersuchen. Mehrere Elemente wurden quantitativ und weitere Elemente semi-quantitativ analysiert und die Resultate SENS zur Verfügung gestellt (s. Tabelle 1 und Abbildung 2). Es wurden Cadmium- und Quecksilbergehalte gemessen, die eine resp. zwei Grössenordnungen höher waren als diejenigen in den Ergebnissen der Swico-Analysen. Silber und Blei-gehalte wiesen mit 1'100 mg/kg resp. 48 mg/kg eine ähnliche Grössenordnung auf. Dies war auch der Fall bei den Schadstoffen Antimon und Arsen. Sehr auffällig war der sehr hohe Galliumgehalt mit 15'505 mg/kg, der damit im Prozentbereich lag.



Abb 1: LED Proben aus PC Monitoren, TV Geräten und Leuchtmitteln. Bildquelle: Immark AG



Abb. 2: Bei der Rücknahme von nicht-stabförmigen LED-Leuchtmitteln werden immer mehr Modelle mit Leuchtfäden gesammelt, die auf ihre Wert- und Schadstoffe analysiert wurden. Bildquelle: Carbotech AG

## Stoffzusammensetzung von LED

|                          |             | Hintergrundbeleuchtung Monitore | Hintergrundbeleuchtung TV-Geräte | LED aus Leuchtmitteln (ältere Modelle) | LED- Leuchtfäden aus nicht stabförmigen Leuchtmitteln* |
|--------------------------|-------------|---------------------------------|----------------------------------|--|--|
| Antimon                  | mg/kg TS Sb | < 1.8                           | 4.3                              | 1.7                                    | 28 (ICP) 6.6   |
| Arsen                    | mg/kg TS As | 1.7                             | < 0.40                           | < 0.40                                 | 41 (ICP) 20  |
| Barium                   | mg/kg TS Ba | 810                             | 280                              | > 7'000                                | 320  |
| Blei                     | mg/kg TS Pb | 2.7                             | 11                               | 42                                     | 48 (ICP) 36  |
| Cadmium                  | mg/kg TS Cd | < 0.30                          | < 0.30                           | < 0.30                                 | 2.3  |
| Cadmium (gesamt) ICP     | mg/kg TS Cd | < 0.1                           | < 0.1                            | < 0.1                                  | 2.0  |
| Chrom                    | mg/kg TS Cr | 1'300                           | 1'100                            | 4'500                                  | 9'900 (ICP) 4100                                       |
| Gallium                  | mg/kg TS Ga | < 0.50                          | < 0.50                           | < 0.50                                 | 15'505 (ICP) > 6300                                    |
| Germanium                | mg/kg TS Ge | < 0.50                          | < 0.50                           | < 0.50                                 | < 5 (ICP) 15   |
| Kupfer                   | mg/kg TS Cu | > 80'000                        | > 38'000                         | > 100'000                              | 800  |
| Lanthan                  | mg/kg TS La | 26                              | < 2.7                            | 21                                     | < 2.0  |
| Mangan                   | % TS MnO    | 0.015                           | 0.0096                           | 0.038                                  | 0.11   |
| Molybdän                 | mg/kg TS Mo | 39                              | 45                               | > 240                                  | 930 (ICP) > 330  |
| Nickel                   | mg/kg TS Ni | 560                             | 300                              | 1'600                                  | > 2'300  |
| Phosphor                 | % TS P2O5   | 0.49                            | 0.28                             | 0.36                                   | 0.20   |
| Quecksilber (direkt) AAS | mg/kg TS Hg | 0.05                            | < 0.01                           | 0.01                                   | 1,6  |
| Quecksilber              | mg/kg TS Hg | < 0.70                          | < 0.70                           | < 0.70                                 | > 12   |
| Silber                   | mg/kg TS Ag | > 2'800                         | 59                               | > 1'500                                | 1'100 (ICP) 440  |
| Silizium                 | % TS SiO2   | 18                              | 7.5                              | 32                                     | 20   |
| Strontium                | mg/kg TS Sr | 350                             | 160                              | 640                                    | > 1'800  |
| Thallium                 | mg/kg TS Tl | < 0.70                          | 12                               | > 170                                  | < 0.70   |
| Titan                    | % TS TiO2   | 2.7                             | 0.78                             | 1.9                                    | 0.00068  |
| Zink                     | mg/kg TS Zn | 640                             | 130                              | 440                                    | 110  |
| Zinn                     | mg/kg TS Sn | > 6'800                         | 200                              | > 12'000                               | < 0.50   |

Tabelle 1: Resultate chemischer Analysen von LED. Wo nicht anderes vermerkt, stammen die Angaben aus semiquantitativer Bestimmung. / \*Analysen von Thévenaz-Leduc SA zur Verfügung gestellt. Indium wurde in diesen Analysen nicht gemessen.

Erstellt mit Datawrapper

Tabelle 1: Resultate chemischer Analysen von LED. Wo nicht anderes vermerkt, stammen die Angaben aus semiquantitativer Bestimmung.

\*Analysen von Thévenaz-Leduc SA zur Verfügung gestellt. Indium wurde in diesen Analysen nicht gemessen.

### **Cadmium in QLED-Bildschirmen?**

In der modernen Bildschirmtechnologie kämpfen gegenwärtig OLED (Organic light-emitting diode) und QLED-Technologien (Quantenpunkt-Leuchtdioden-Technologien) um höhere Marktanteile. Während OLED-Bildschirme selbstleuchtende Pixel benutzen, verwenden QLED-Geräte eine auf Quantenpunkten basierende Hintergrundbeleuchtung. Diese Technologie zeichnet sich durch einen höheren Detailreichtum, präzisere Farben, höhere Kontraste und mehr Helligkeit aus. Obwohl QLEDs einige Vorteile gegenüber herkömmlichen LCD- oder OLED-Displays bieten, gibt es auch Umweltprobleme, die mit ihrer Herstellung und Entsorgung verbunden sind. Nebst dem höheren Energieverbrauch in der Herstellung sind es vor allem Cadmium, Blei und andere Schwermetalle, die in der QLED-Technologie verwendet werden.

Mit der EU-Richtlinie «Restriction of Hazardous Substances» (RoHS) soll der Einsatz von gefährlichen Stoffen in Elektro- und Elektronikgeräten begrenzt werden. Dazu gehört auch Cadmium, wobei ein Gehalt < 100 ppm noch als cadmiumfrei gilt. Zeitlich begrenzte Ausnahmen zur Nutzung der Stoffe sind möglich, wenn die Stoffe wissenschaftlich oder technisch nicht ersetzt werden können oder wenn eine Alternative nicht zulässig ist bzw. eine solche negative Folgen für Mensch und Umwelt mit sich brächte. Davon profitiert seit 2013 auch die Anwendung von Cadmium in der QLED-Technologie. Aufgrund der technologischen Entwicklung der letzten Jahre sind inzwischen cadmiumfreie Quantenpunkte auf dem Markt verfügbar und eine Ausnahme ist somit nicht mehr gerechtfertigt. Es dürfte derzeit jedoch eine beträchtliche Menge an QLED-Geräten, die Cadmium enthalten, in Gebrauch sein. Diese Geräte werden in den nächsten Jahren zur Entsorgung gelangen. Ein Quadratmeter Bildschirmfläche enthält schätzungsweise etwa 0,2 g Cadmium.

Es zeigt sich, dass der Cadmiumfluss durch QLED-Bildschirmgeräte, die ins Recycling gelangen, nicht unerheblich sein wird. Mit einer vereinfachten Rechnung ergeben sich bei schätzungsweise 500'000 jährlich in der Schweiz verkauften TV-Geräten mit einer durchschnittlichen Bildschirmdiagonale von 155 cm (60 ") – was rund 1 Quadratmeter Bildschirmfläche entspricht – ca. 30 kg Cadmium pro Jahr. Dies unter der Annahme, dass der Marktanteil von QLED 30 % beträgt und nur QLED-Bildschirme im Verkauf sind, die cadmiumbestückte Quantenpunkte enthalten. Die tatsächliche Menge dürfte darunterliegen, da der Marktführer Samsung inzwischen cadmiumfreie Quantenpunkte verwendet.

Die Europäische Kommission wird im Rahmen einer Anpassung der RoHS-Richtlinie aufgrund einer Studie des deutschen Ökoinstituts aus dem Jahre 2022 den Einsatz von cadmiumdotierten Quantenpunkten verbieten, da es inzwischen Alternativen gibt, die die gleiche Bildleistung erbringen. Die Frage ist, was mit den QLED-Bildschirmen, die über cadmiumdotierte Quantenpunkte verfügen, im Recycling geschieht.

Cadmium ist bereits in geringen Mengen für Mensch und Tier toxisch, reichert sich im Körper an und kann krebserregend sein. Obwohl es viele diffuse Cadmiumquellen gibt (Abfallverbrennung, Stahlwerke, Feuerungen, Kakao, Schmuck), ist im Sinne des Vorsorgeprinzips des Umweltschutzgesetzes die Emission an der Quelle zu verhindern. Integrierte LED und QLED in Displays werden sich in einer mechanischen Zerkleinerung mit Nachsortierung in der Kunststofffraktion anreichern. In der Kunststoffbehandlung werden cadmiumhaltige

Kunststoffe abgeschieden und anschliessend verbrannt. Cadmium wird dabei oxidiert und in der Rauchgasreinigung einer modernen Verbrennungsanlage abgeschieden. Das Risiko einer Freisetzung in den Behandlungsprozessen kann als eher gering eingeschätzt werden. Dennoch sind in jedem Fall die arbeitshygienischen Anforderungen einzuhalten.

### **LED-Leuchtmittel: Entwicklungen des Recyclings**

Um die Vermischung und Verdünnung von Wert- und Schadstoffen zu vermeiden, werden Leuchtmittel nach der Sammlung in verschiedene Gruppen sortiert. LED-Leuchtmittel werden so vom Rest der Leuchtmittel, u. a. von den quecksilberhaltigen Gasentladungslampen, getrennt und können separat recycelt werden. In den letzten Jahren wurden in der Schweiz mehrere Versuche für das Recycling von LED-Leuchtmitteln durchgeführt. Darauf basierend hat SENS zwei Leuchtmittel-Recyclern die Bewilligung für die Verarbeitung von LED erteilt. Diese Recycler verwenden in einem ersten Schritt Technologien, welche im Falle von Fehlwürfen von anderen Leuchtmitteln, ermöglichen, Quecksilberemissionen zu vermeiden.

Wie bei vielen anderen Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) sind die Rückgewinnungsquoten umso höher, je besser die Geräte sortiert werden. Gerade wegen der Flexibilität im Design der LED-Leuchtmittel gibt es besonders viele Formen und Materialkombinationen. Gemäss Recycler Thévenaz-Leduc SA erhöhen sich die Recyclingquoten umso mehr, je spezifischer nach Glas- oder Kunststoffgehäusen, Alu-Gewinden etc. getrennt wird. Wenn alle Formen gemischt werden, wurden bisher nur Recyclingquoten von unter 50 % erreicht. Derzeit gibt es keinen Richtwert für eine minimale Recyclingquote für LED-Leuchtmittel.

Das separate Recycling von LED-Leuchtmitteln eröffnet hinsichtlich der Trennung resp. der Rückgewinnung spezifischer Schad- und Wertstoffe zahlreiche Möglichkeiten. Dabei können in der Praxis verschiedene Ansätze verfolgt werden, die jeweils andere Materialien priorisieren:

- 1) Fokus auf das Gehäuse, das aus «klassischen» Wertstoffen wie Aluminium oder Glas besteht
- 2) Fokus auf die vergleichsweise in hohem Anteil vorhandenen Leiterplatten, die Kupfer und teilweise Edelmetalle wie Silber enthalten
- 3) Fokus auf LED-Chips oder -Leuchtfäden, in denen sich seltene Technologiemetalle befinden, insbesondere Gallium und Indium

Noch wurde kein optimaler Ansatz oder die beste Kombination ausgewählt. Die Recycler verfeinern im Dialog mit der Technischen Kommission SENS ihre Methoden fortlaufend.

### **Ökologische und ökonomische Fragen zur Verwertung von LED-Leuchtmitteln**

Die oben erwähnten Ansätze hängen mit dem Fokus auf die verschiedenen Bauteile der LED-Leuchtmittel zusammen: 1) Gehäuse, 2) Leiterplatten, 3) LED. Viele Zielmetalle sind mehrheitlich in einem und/oder dem anderen Bauteil konzentriert. Bei der Wahl des Recyclingansatzes stellt sich die Frage der Öko-Effizienz, also der Umweltauswirkung in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit.

Was die ökologische Relevanz des LED-Recyclings angeht, können als erster Anhaltspunkt die Umweltbelastungen der Primärproduktion der Metalle – und somit der Nutzen ihres Recyclings– miteinander verglichen werden<sup>3</sup>. Dabei wird die Umweltbelastung in Umweltbelastungspunkten (UBP)<sup>4</sup> gemessen. So zeigen Ökoinventare der Metalle in LED-Leuchtmitteln<sup>5</sup>, dass z.B. die Primärproduktion von Silber, das in Leiterplatten und in den LED-Chips resp. Leuchtfäden (s. Tabelle 1) enthalten sein kann, nach aktuellen Kenntnissen eine ca. 15-mal höhere Umweltbelastung verursacht als die Primärproduktion von Indium sowie eine ca. 90-mal höhere Umweltbelastung als der Abbau von Galliumarsenid. Der Primärabbau von Kupfer und Aluminium – die in Leiterplatten oder im Gehäuse zu finden sind – verursacht wiederum eine Umweltbelastung, die eine resp. zwei Grössenordnungen unter derjenigen von Galliumarsenid liegt.

Aus Umweltsicht erscheinen folglich die Ansätze 2) und 3) trotz vergleichsweise geringer Gehalte der Zielmetalle vorteilhaft. Doch im Recycling ist Ansatz 3) industriell noch nicht umsetzbar, was auch die Studie von Nikulski et al. (2021) bestätigt. Darin wird geschätzt, dass die Rückgewinnung von Technologiemetallen aus LED-Leuchtmitteln aktuell wenig wirtschaftliches Potenzial hat, sich aber der Fokus auf Edelmetalle ökonomisch am ehesten lohnt<sup>6</sup>.

Massgebend in Bezug auf die Rückgewinnung von Rohstoffen aus LED-Leuchtmitteln ist in der Praxis, welche Fraktionen bei der Verarbeitung entstehen und welche Folgeabnehmer diese verwerten. Leiterplattenreiche Fraktionen aus LED-Leuchtmitteln können aufgetrennt werden, was ökologisch einen hohen Nutzen bringt. Die saubere Trennung von LED-Chips und -Leuchtfäden im ersten Verarbeitungsschritt ist heute jedoch eine Herausforderung. Auch wenn dies möglich wäre, ist es bis jetzt nicht üblich, dass Folgeabnehmer die breite Palette an Zielmetallen aus LED-Leuchtmitteln gleichzeitig zurückgewinnen können<sup>7</sup>.

<sup>3</sup> Eine vertiefte Analyse müsste u. a. auch die Umweltbelastung des Recyclings miteinbeziehen.

<sup>4</sup> Mehr Informationen über UBP unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/fachinformationen/methodische-grundlagen-von-oekobilanzen/methode-der-oekologischen-knappheit.html>

<sup>5</sup> Daten aus UVEK:2021 Datenbank (BAFU [Hrsg.], 2021)

<sup>6</sup> Citation: Nikulski, J. S.; Ritthoff, M.; von Gries, N. The Potential and Limitations of Critical Raw Material Recycling: The Case of LED Lamps. *Resources* 2021, 10, 37. <https://doi.org/10.3390/resources10040037>

<sup>7</sup> Siehe z. B. <https://www.umicore.com/en/about/our-metals/>

**Der LED-Recyclingprozess muss systemisch betrachtet werden**

Die Frage der Rückgewinnung der ökonomisch und ökologisch relevanten Zielstoffe aus EAG ist bekannterweise nicht nur bei LED-Leuchtmitteln ein Thema. Sie betrifft viele EAG, insbesondere Mobiltelefone, Bildschirme oder Photovoltaik. Die LED-Leuchtmittelmenge liegt im Vergleich zur in der Schweiz gesamten Menge an EAG im Promillebereich und der Anteil LED innerhalb des LED-Leuchtmittels entspricht auch nur einem geringen Anteil. Es ist deshalb wichtig, die Bemühungen in Richtung Kreislaufwirtschaft von LED und das Recycling von anderen Bauteilen, die ähnliche Elemente und Herausforderungen aufweisen und in grösseren Mengen vertreten sind, ganzheitlich zu betrachten. Dies kann zum Beispiel bedeuten, dass Fraktionen aus der Verarbeitung verschiedener Gerätekategorien gemeinsam an dafür geeignete Folgeabnehmer geliefert werden oder dass Forschungsprojekte Gerätekategorie-übergreifend gefördert werden.

**Siehe auch:**

[Entsorgung von LED-Lampen: Ihr Recycling-Leitfaden \(uniled.at\)](#)  
[Cadmium \(admin.ch\)](#)

[Zum Beitrag](#)

## 06 Rückblick RUAG Environment

Autorin: Sabine Krattiger, Recyclingpartner Immark AG

**Mit dem Jahr 2023 geht auch die lange Geschichte des Recyclingpioniers RUAG Environment zu Ende: Nach über 30 Jahren der Rückproduktion von Kühlgeräten und dem Recycling von ausgedienten Elektro- und Elektronikgeräten wurde der Standort geschlossen und an die Armasuisse zurückgegeben.**

### Doch wie hat alles begonnen?

Mit dem Reformprojekt «Armee XXI» im Jahr 2003 hat sich die Schweizer Armee und damit auch der Rüstungsmarkt grundlegend verändert. Durch die Reduktion der Rüstungsausgaben waren insbesondere im Kanton Uri rund 1'500 Arbeitsplätze gefährdet. Deshalb forderte die RUAG in ihrer neuen Konzernstrategie die Schaffung von neuen, wertschöpfenden Arbeitsplätzen im zivilen Bereich.

Schon sehr früh, nämlich 1992, hat die damalige Eidgenössische Munitionsfabrik Altdorf (MFA) als eigenständige Einheit einen Recyclingbetrieb für ausgediente Elektronik aufgebaut. Der Entschluss, ins Recycling einzusteigen, kam nicht überraschend, verfügte die RUAG doch bereits über langjährige Erfahrung in der umweltgerechten Entsorgung von Munitionskomponenten.

### Spitzenstellung in der Entsorgung

Mit der Einführung des vorgezogenen Entsorgungsbeitrages durch die Rücknahmesysteme SENS und SWICO sowie der Inkraftsetzung der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) im Jahr 1998 konnte sich die RUAG mit dem Markt positiv entwickeln und bis zuletzt rund 100 Mitarbeitenden einen sicheren Arbeitsplatz bieten.

Das rasche Mengenwachstum erforderte schon bald eine Mechanisierung der Arbeitsprozesse. So wurde im Jahr 2002 eine Recyclinganlage für elektrische Kleingeräte in Betrieb genommen. 2005 folgte eine neue Kühlgeräterecyclinganlage. Damit wurden neue Massstäbe in der industriellen Entsorgung gesetzt. Die Inbetriebnahme verzögerte sich um mehrere Monate, da der Standort von der Hochwasserkatastrophe betroffen war und das Gelände metertief im Wasser und im Schlamm stand. Mit grossem Einsatz der Mitarbeitenden und der Urner Regierung wurde der Sitz wieder aufgebaut.

### Bundesrat entscheidet über die Zukunft der RUAG

Die Überarbeitung der Armeestrategie betraf auch den Recyclingbereich am Standort Schattdorf. Nach mehreren Initiativen des Managements zur Loslösung des Recyclingbereichs beschloss der Bundesrat im März 2019 die nicht für die Armee tätigen Unternehmensbereiche zu privatisieren und Partner für die Zukunft zu suchen. Im Jahr 2020 verkaufte RUAG den Bereich RUAG Environment AG an die Thommen Group. Mit dem Verkauf und den damit verbundenen Synergieeffekten konnte der Betrieb in Schattdorf vorerst weitergeführt und der Standort in Immark AG Schattdorf umbenannt werden.

### **Herzlichen Dank an die Mitarbeitenden**

Bereits bei der Übernahme wurde kommuniziert, dass die Aktivitäten nur bis Ende 2023 weitergeführt werden können. Grund dafür war der grosse Investitionsbedarf in den neuesten Stand der Technik. Nur so konnte eine Schweizer Lösung im Bereich Elektronikrecycling nachhaltig sichergestellt werden.

Ende Oktober konnte der Standort durch die Auditor:innen von SENS und Swico sowie Vertreter des Kantons Uri erfolgreich geschlossen werden. Ein grosses DANKESCHÖN geht an alle langjährigen Mitarbeitenden. Sie haben uns gezeigt, was eine gute Zusammenarbeit im Team und Loyalität zum Unternehmen bedeutet. Die Mitarbeitenden haben praktisch ausnahmslos eine berufliche Anschlusslösung im Kanton Uri gefunden.

Während der gesamten Betriebszeit wurden über 3.1 Millionen Kühlgeräte, rund 2 Millionen Haushaltsgrossgeräte sowie 300'000 Tonnen Elektronikkleingeräte umweltgerecht rezykliert und damit wertvolle Ressourcen zurückgewonnen.

### **Über Immark**

Immark ist mit Standorten in Regensdorf, Aarwangen und Liestal Schweizer Marktführer im Bereich der Entsorgung und des Recyclings von ausgedienten Elektro-, Elektronik- und Kühlgeräten. Sie gehört zur Thommen Group, der führenden Recyclinggruppe in der Schweiz, die über ihre Beteiligungen und Tochtergesellschaften auch international tätig ist.

[Zum Beitrag](#)

## 07 Status CENELEC Revision

### Die Recyclingnorm für Elektrogeräte wird aktualisiert

Autor: Daniel Savi, TK SENS, Büro für Umweltchemie

**Auf europäischer Ebene wird das Recycling durch die EN50625-Normenserie standardisiert. Verschiedene Länder und Organisationen erklären diese Normen zur Grundlage für das Recycling von Elektroaltgeräten. SENS und Swico verlangen in ihren Verträgen mit den Recyclern, dass sie gemäss dieser Normenserie arbeiten. Die Norm mit den generellen Anforderungen an das Recycling trat 2014 in Kraft. Zehn Jahre später soll sie als erstes der technischen und rechtlichen Entwicklung angepasst werden. Auch die Überarbeitung der weiteren Normen und technischen Vorschriften der Serie soll in diesem Jahr begonnen werden.**

#### Ein europäisches Werk

Die EN 50625-Normenserie ist ein europäisches Gemeinschaftswerk. Expert:innen aus vielen Ländern Europas treffen sich regelmässig in einer Arbeitsgruppe und beraten darüber, wie die EN-50625-Normen weiterentwickelt werden sollen. Die Arbeitsgruppe steht allen wirtschaftlichen Akteuren im Elektrogeräte-Recycling offen. In der Arbeitsgruppe arbeiten Delegierte der Rücknahmesysteme, Vertreter von Geräteherstellern und Expert:innen der Elektrogeräte-Recycler mit.

#### Mit länderübergreifender Organisation

Für die Normen der EN-50625-Serie ist die CENELEC verantwortlich. Sie ist das europäische Komitee für elektrotechnische Standardisierung. Die CENELEC wird getragen von 34 Länderorganisationen für die elektrotechnische Standardisierung. Die Schweizer Expert:innen sind im «Comité Électrotechnique Suisse» (CES) organisiert. Das Sekretariat des CES wird durch die Electrosuisse geführt. Beim CES ist die Technische Kommission 111 der Schweiz angesiedelt. Mitglieder dieser TK 111 können in der gleichnamigen europäischen TC 111 mitarbeiten. Die Arbeit an den Normen der Serie EN 50625 erfolgt in der Arbeitsgruppe 6 der TC 111. Es ist also ein Gremium mit Expert:innen aus ganz Europa.

#### Normen sollen dem veränderten Umfeld angepasst werden

Die Dokumente der Reihe 50625 sind bis zu zehn Jahre alt. Die Hauptnorm EN 50625-1 wurde 2014 publiziert. Die zugehörigen Technischen Spezifikationen TS 50625-3-1 wurden in den Jahren 2015 bis 2017 veröffentlicht. Beide sollen nun überprüft und nicht mehr zeitgemässe Inhalte aktualisiert werden. Die Arbeitsgruppe 6 der CENELEC will die Überarbeitung darauf beschränken, dass nicht mehr gültige Verweise auf andere Normen oder Gesetze ersetzt werden. Zudem sollen Grenzwerte nachgeführt werden, besonders im Bereich des Kunststoffrecyclings. In diesem Bereich hat die POP-Direktive der EU seit dem Erscheinen der Norm zu strengeren Vorgaben geführt. Wo es die technische Entwicklung seit 2014 nötig macht, sollen Vorgaben angepasst werden.

Auch die weiteren Normen der Serie, die sich mit speziellen Aufbereitungsprozessen für Leuchtmittel, Flachbildschirme, Kühlgeräte, sowie Photovoltaik befassen, sollen überarbeitet werden. Die Planung dafür ist jedoch noch weniger weit fortgeschritten als bei der Hauptnorm. Die Arbeitsgruppe ist bestrebt, die Norm möglichst stabil zu halten. In einem so grossen Gremium mit unterschiedlichen Akteuren ist es jedoch naturgemäss schwierig vorherzusehen, wohin die Reise gehen wird.

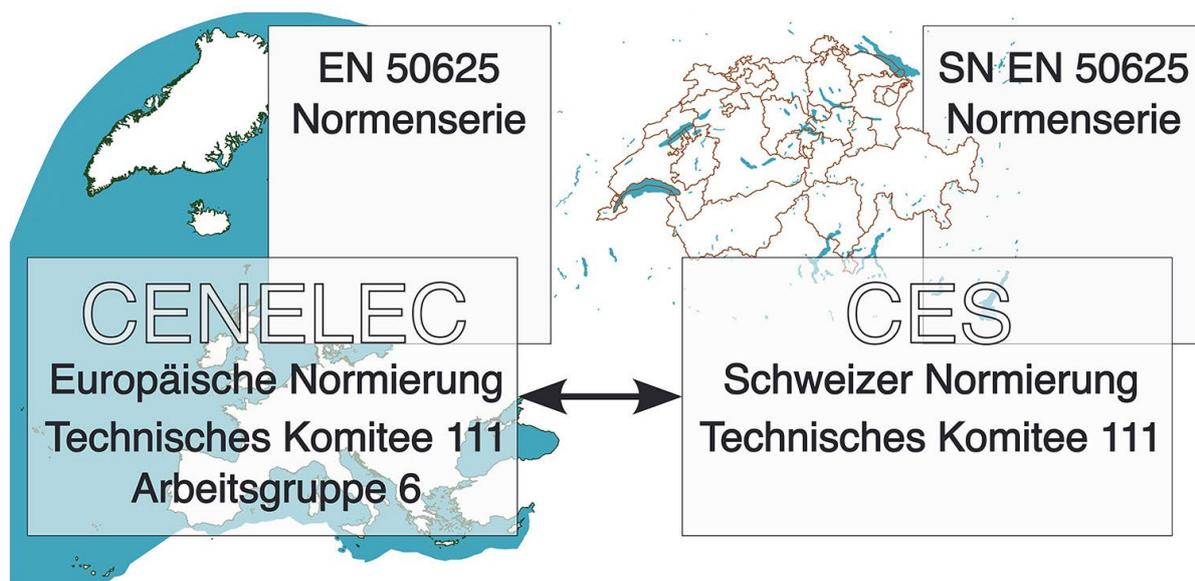


Abb. 1: Die Normierungsarbeit ist auf Länderebene organisiert. Die nationalen Expert:innen arbeiten auf europäischer Ebene zusammen.

### Schweizer Rücknahmesysteme engagieren sich in der Überarbeitung

Die Anforderungen der Schweizer Rücknahmesysteme SENS und Swico an die Recycler basieren auf den EN-50625-Normen. Sie sind in den Recycler-Verträgen beider Rücknahmesysteme integriert. Dementsprechend hat die Entwicklung der Normen direkte Auswirkungen auf die Vorgaben für das Elektrogeräte recycling in der Schweiz. Expert:innen aus den Technischen Kommissionen von SENS und Swico beteiligen sich aktiv an den Diskussionen in der Arbeitsgruppe 6, haben bereits Anpassungsvorschläge eingereicht und werden aktiv an der Ausgestaltung der neuen Normen mitarbeiten. Im Frühling 2024 will die Arbeitsgruppe 6 ein Vorschlag für ein Arbeitspaket zur Anpassung der Norm zur Abstimmung bringen. Die Expert:innen von SENS und Swico werden diesen Vorschlag in der Schweizer Kommission zur Annahme empfehlen.

### Ausblick auf die neue Norm und auf weitere Entwicklungen

Die Zeitplanung der Arbeitsgruppe 6 sieht vor, die überarbeitete EN 50625-1 im Jahr 2025 zur Abstimmung zu bringen. Ob dieses Ziel eingehalten werden kann, muss sich allerdings erst noch weisen. Für die weiteren Normen der Serie gibt es im Februar 2024 noch keinen Zeitplan.

In der Europäischen Union wird schon seit längerem über die Anpassung der WEEE-Direktive diskutiert. Bereits sind Studien zu möglichen Anpassungen veröffentlicht und Konsultationen bei den betroffenen Interessengruppen durchgeführt. Falls eine neue WEEE-Direktive oder eine Nachfolgeverordnung in Kraft treten würde, hätte dies Auswirkungen auf die EN-50625-Normen. Wann dies geschieht, ist noch völlig unklar. Voraussichtlich würde eine neue WEEE-Direktive auch eine erneute Überarbeitung der EN-50625 anstossen.

[Zum Beitrag](#)

## 08 Swico und EMPA – die erfolgreiche 30-jährige Zusammenarbeit

Autoren:

Heinz Böni, Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Judith Bellaiche, Geschäftsführerin Swico

**Das Kompetenzzentrum des ETH-Bereichs für Materialwissenschaften und Technologie, die Empa, hat Swico in den letzten 30 Jahren beim Aufbau und bei der Weiterentwicklung des Recyclingsystems massgeblich unterstützt. Aufgrund des verstärkten Fokus auf die Forschung und des Abbaus von Dienstleistungen bei der Empa wurde die Zusammenarbeit per Ende 2023 eingestellt.**

Als Swico 1993 – ohne gesetzliche Verpflichtung – zusammen mit einer Gruppe Herstellern die Initiative ergriff, ein umfassendes Recyclingkonzept für Computer und elektronische Bürogeräte zu entwickeln, stand auch die Frage im Raum, wie man bei den Recyclingpartnern eine gleichmässig hohe Recyclingqualität gewährleisten könnte. Die Pioniere der Branche, die mit diesem Schritt auch ein Risiko eingingen, wollten verhindern, dass ihr Ansinnen den angestrebten Umweltnutzen nicht oder nur ungenügend erreicht. In den Überlegungen zur Auswahl einer externen Kontrollstelle spielten deshalb die Faktoren hohe Qualitätsansprüche und Unabhängigkeit die Hauptrolle. Damit war klar, dass eine kommerzielle Firma, die der Gefahr von Interessenkonflikten ausgesetzt war, nicht in Frage kam. Was lag da näher, als die Empa – damals noch unter der Bezeichnung Eidgenössische Materialprüfungsanstalt – anzufragen. Mit der Abteilung Ökologie und Kreislaufwirtschaft befand sie sich im gleichen Zeitraum auf dem Weg zur Akkreditierung als Zertifizierungsstelle für Umweltmanagement nach ISO 14001. Die Anfrage von Swico stiess bei der Empa deshalb von Beginn weg auf offene Ohren.

In der Folge wurde ab dem Start der Swico-Recyclinggarantie am 1. April 1994 die Empa mit der Aufgabe einer Zertifizierungs- und Überwachungsstelle betraut. Im ersten Berichtsjahr wurden über 20 Firmen evaluiert, von denen 16 zum Zertifizierungsverfahren zugelassen wurden. Letztlich bestanden 12 Firmen davon. Neben der damals noch halbjährlichen Kontrolle der Betriebe vor Ort durch die sieben Auditor:innen hatte die Stoffflusskontrolle eine wichtige Bedeutung. Es galt sicherzustellen, dass die Verarbeitungspartner ihre durch manuelle Zerlegung und mechanische Verarbeitung erzeugten Fraktionen umweltgerecht verwerteten oder beseitigten. Im ersten Betriebsjahr wurden rund 3 000 t Computer und Bürogeräte zurückgenommen und verarbeitet. Der Grossteil der Geräte stammte damals noch direkt von Herstellern. Der Handel und die Sammelstellen wurden erst später zu wichtigen Pfeilern im filigranen Sammelnetz von Swico.

Über die Jahre stiegen sowohl die Mengen als auch die Komplexität des Warenstroms stetig an. 1999 wurden die Mobiltelefone ins Sammelsystem aufgenommen, im Jahre 2000 die grafische Industrie, 2001 die Telefonie und 2002 die Unterhaltungselektronik.

Zu Beginn wurden die Audits von Swico und SENS teilweise bei den gleichen Recyclingpartnern basierend auf unterschiedlichen technischen Vorschriften getrennt durchgeführt. Später wurden die Audits dann zusammengeführt. Im Jahre 2009 wurden die Verarbeitungsvorschriften auf Initiative der Empa harmonisiert und in die gemeinsamen technischen Vorschriften von Swico und SENS zusammengeführt. 2017 hat Swico dann mit der Umsetzung der europäischen Vorschriften EN 50625, die als Schweizer Norm übernommen wurden, begonnen. SENS folgte drei Jahre später.

Zum Leistungsauftrag der Empa gehörte nebst der Auditierung und der Stoffflusskontrolle auch die Durchführung von Verarbeitungs- und Batchversuchen bei den Recyclingpartnern. Diese bildeten die Grundlage für die Beurteilung der Recycling- und Verwertungsquoten sowie die Einhaltung der Richt- und Grenzwerte bei Schadstoffen in der Schredder-Leichtfraktion.

Um die Recyclingtätigkeit auf dem neuesten Stand zu halten, wurden von der Empa in Zusammenarbeit mit weiteren Expert:innen verschiedene Forschungsprojekte durchgeführt. Besonders hervorzuheben sind die Studie zu PCB in Kondensatoren (2007), zur Entsorgung von Flachbildschirmen (2011), zur Rückgewinnung von Indium und Neodym (Studie e-Recmet des BAFU, 2015), zur Entsorgungssituation bei den Röhrenbildschirmen (2016) sowie über mehrere Jahre zum Umgang mit Lithium-Batterien und Kunststoffen.

Die grosse Erfahrung auf dem Gebiet des Elektroschrottrecyclings hat dazu geführt, dass die Empa-Expert:innen von Beginn weg in europäischen Gremien mitwirkten und im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO zusammen mit lokalen Partnern Projekte zum nachhaltigen Umgang mit Elektroschrott in Entwicklungs- und Schwellenländern umsetzten. Das «Swiss e-waste Programme» von 2003 bis 2012 und das darauffolgende Programm «Sustainable Recycling Industries» von 2013 bis 2025 wurden wegweisend für die erfolgreiche Technologiekooperation mit Partnern im Globalen Süden. Swico hat den Aufbau von Rücknahmesystemen in einigen Ländern gemeinsam mit der Empa unterstützt.

Von den 30 Jahren Zusammenarbeit in Beratung und Forschung durch Wissens- und Erfahrungsaustausch konnten beide Seiten profitieren. Swico hatte einerseits eine Garantie, dass die Umwelt- und die technischen Anforderungen bezüglich der Verarbeitung bei allen Recyclingpartnern auf ein hohes Niveau gebracht und dort gehalten werden konnten. Die Empa konnte andererseits den wissenschaftlichen Blickwinkel mit Erfahrung und Wissen aus der Praxis aus ergänzen und die Forschung in diesem Sinne voranbringen. Die Zusammenarbeit und die unterschiedlichen Blickwinkel der beteiligten Personen bei Swico, bei der Empa, den Recyclingpartnern, den Verbänden und den öffentlichen Institutionen waren zudem auch eine grosse persönliche Bereicherung.

Die Empa hat sich per Ende 2023 aus der Audittätigkeit zurückgezogen und deshalb diese Dienstleistung für Swico eingestellt. Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit in den drei vergangenen Jahrzehnten. Die Empa wird weiterhin als kompetente Partnerin für gemeinsame Forschungsprojekte in der Kreislaufwirtschaft zur Verfügung stehen. Wir freuen uns auf künftige gemeinsame Herausforderungen.

**Abschied von einem Pionier**

Just zum 30-jährigen Jubiläum von Swico Recycling zieht sich Heinz Böni in die wohlverdiente Pension zurück. Er hat für den Aufbau eines einwandfreien Recyclings von Elektroaltgeräten in der Schweiz und dessen konsequente Weiterentwicklung wahre Pionierarbeit geleistet. Das Vertrauen der Beteiligten gründet in der Qualität und Reputation des Systems – und dabei hat Heinz Böni eine zentrale Rolle gespielt. Nicht nur hat er die Swico-Auditstelle über die letzten 15 Jahre geleitet und die Prozesse kontinuierlich verbessert, sondern er hat etliche Mitarbeitende in diese Materie eingeführt und darin ausgebildet. Darüber hinaus hat er im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit für einen wichtigen Wissenstransfer zwischen der Schweiz und Südamerika in Bezug auf Recycling von Elektroschrott gesorgt.

Swico bedankt sich von Herzen bei Heinz Böni für sein unermüdliches Engagement und seine Hingabe zum Thema sauberes Recycling in der Schweiz.

[Zum Beitrag](#)

## 09 Swico Innovationsfonds

### Vier Jahre Swico Innovationsfonds – eine Erfolgsgeschichte

Autoren:

Heinz Böni, Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Roger Gnos, Technische Kontrolle, Swico und TK-Mitglied

Marius Schlegel, Mitglied Swico Innovationsfonds

**Seit dem Start des Innovationsfonds von Swico vor vier Jahren wurden 24 Projektideen eingereicht. Die Hälfte der Anträge mit einem Gesamtvolumen von 3.1 Millionen Schweizer Franken wurde bewilligt und finanziell unterstützt. Insgesamt rund 1.4 Millionen Schweizer Franken oder rund 40 % der beantragten Fördermittel wurden dafür an verschiedene Projektpartner vergeben.**

**Swico setzt für die Förderung der Weiterentwicklung des Recyclingsystems auf die Innovationskraft der beteiligten Partner. Oft sind Projekte in einer Aufbauphase jedoch noch nicht oder zu wenig selbsttragend und die Risiken sind zu hoch. Dort setzt der Innovationsfonds an: Er setzt aus den Recyclingbeiträgen der Konventionsunterzeichner finanzierte Anreize für innovative Ideen und unterstützt Projekte in ihrer Aufbauphase finanziell.**

Ziel ist es, die Kreislaufwirtschaft bei Elektronikgeräten zu verbessern. Dabei geht es nicht nur um die Qualität des Recyclings, sondern auch um alle damit zusammenhängenden Fragestellungen, wie Kommunikation, Sensibilisierung und Ausbildung, Digitalisierung, Verlängerung der Lebensdauer der Geräte und Logistik.

Nebst dem ökologischen Nutzen bringen Innovationen im freiwilligen System von Swico auch einen hohen Mehrwert für Konsumenten und Gesellschaft: Einerseits wird die kontinuierliche Systementwicklung vorangetrieben, andererseits verbessert sich die Situation für die Umwelt. Zum Beispiel können die in den Geräten enthaltenen Rohstoffe effizienter zurückgewonnen werden, zusätzliche Stoffe neu zurückgewonnen werden oder Geräte vor dem Recycling einer Wiederverwendung zugeführt werden.

### **Ablauf**

In einem mehrstufigen Verfahren prüft der dreiköpfige Beirat den Innovationscharakter, die Relevanz, den Nutzen, die Umsetzbarkeit und die Erfolgchancen eines Innovationsprojektes und zusätzlich, ob der Antragsteller auch befähigt ist, die angedachte Innovation umzusetzen.

Eingaben können von allen Vertragspartnern von Swico, die in der Regel mit Start-ups, weiteren Industriepartnern oder Forschungsinstitutionen eine Kooperation eingehen, jeweils Mitte Februar und Mitte August gemacht werden. Der Beirat befindet abschliessend über die Unterstützung. Ein Projekt kann mit maximal CHF 300 000 unterstützt werden, wobei Wert auf einen wesentlichen Anteil Eigenleistungen gelegt wird. Bei ungenügender Erfüllung der Beurteilungskriterien oder mangelhafter Qualität der Gesuche kann der Beirat

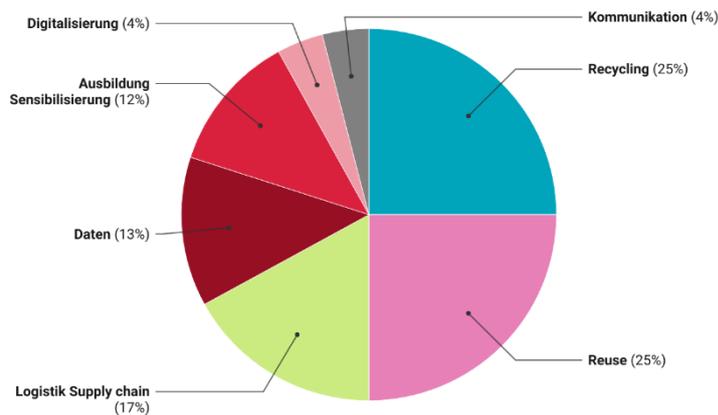
Verbesserungen und Anpassungen einfordern und nach der Schlussbeurteilung das Projekt voll oder teilweise finanzieren oder zurückweisen. Seit 2023 können Projekte, die für beide Systeme, Swico und SENS, von Interesse sind, gemeinsam finanziert werden.

### Art der geförderten Innovationsprojekte

Die eingereichten Projekte können den folgenden Bereichen zugeordnet werden: Recycling, Reuse, Logistik/Supply Chain, Ausbildung/Sensibilisierung, Kommunikation und Datenbeschaffung und Digitalisierung.

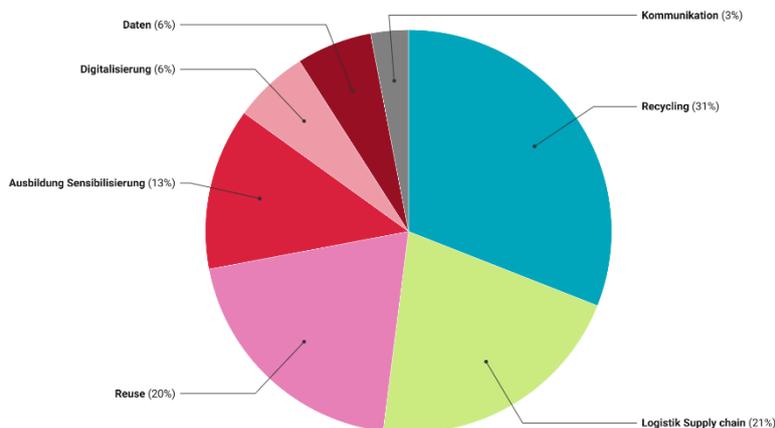
Den Löwenanteil der eingereichten Projekte machen solche zur Verbesserung der Recyclingprozesse und der Förderung der Wiederverwendung von Geräten aus. Wobei letztgenannte vor allem in den vergangenen zwei Jahren deutlich zugelegt haben. Betrachtet man die bewilligten Projekte, so sieht man, dass fast drei Viertel der Finanzmittel in die Bereiche Recycling und Reuse geflossen sind. Aber auch Ausbildung und Sensibilisierung hatten einen relevanten Anteil. Nicht in die Finanzierungsrunde geschafft haben es bisher Projekte im Bereich der Kommunikation und der Digitalisierung.

#### Anteil eingeegebene Projekte



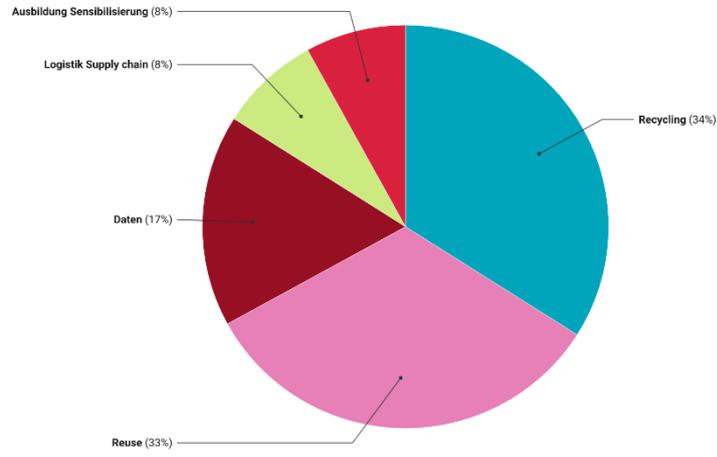
Erstellt mit Datawrapper

#### Finanzanteil eingeegebene Projekte



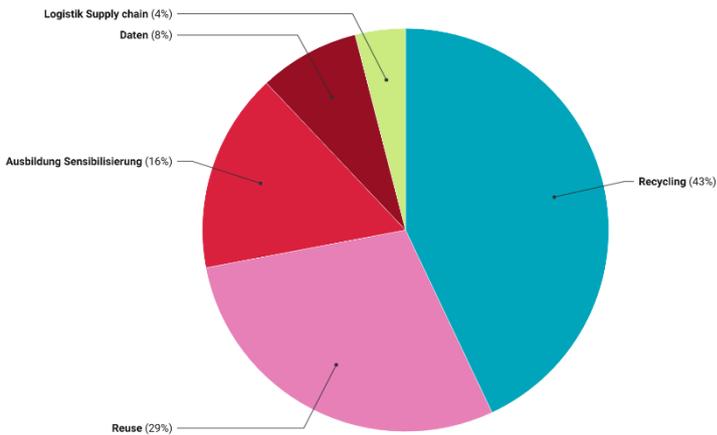
Erstellt mit Datawrapper

**Anteil bewilligte Projekte**



Keine bewilligten Projekte in der Digitalisierung und Kommunikation.  
Erstellt mit Datawrapper

**Finanzanteil bewilligte Projekte**



Keine bewilligten Projekte in der Digitalisierung und Kommunikation.  
Erstellt mit Datawrapper

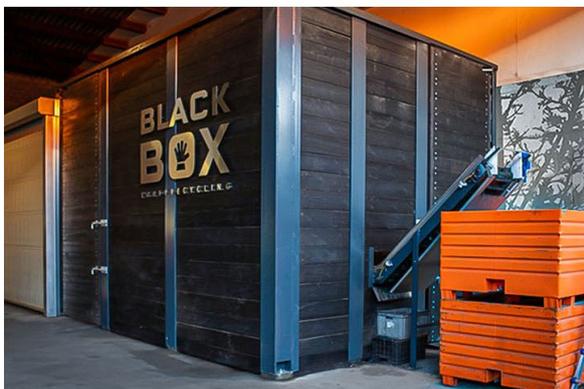


Abb. 1: Toner Recyclinganlage soRec AG



Abb. 2: Gebindeoptimierung zur Sammlung und Logistik von Flachbildschirm Geräten

## Abgeschlossene Projekte

Inzwischen wurden sieben Projekte erfolgreich abgeschlossen.

| Projekt  | Unternehmen              | Jahr    |
|--|--------------------------|---------|
| Realisierung einer Anlage zur Verarbeitung von tonerhaltigen Verbrauchsgütern (Toneranlage) bei der Solenthaler Recycling AG in Gossau SG* | Solenthaler Recycling AG | 2020    |
| Abklärungen zur Rückgewinnung von Kobalt und Neodym aus Kleinstgeräten (bestehend aus 2 Teilprojekten)                                     | Solenthaler Recycling AG | 2020–21 |
| Studie zur Wiederverwendung von Elektronikgeräten  | LeBird                   | 2020–22 |
| Gebindeoptimierung zur Sammlung und Logistik von Flachbildschirmgeräten  | Schädler Mulden AG       | 2022–23 |
| Pop-up-Store Bahnhof Zürich  | Media Markt              | 2023    |
| Fachkurs Recycling für Sozialhilfebeziehende   | Immark AG                | 2021–23 |

\*siehe Fachbericht 2021

Erstellt mit Datawrapper

## Projekte in Umsetzung

Fünf Projekte befinden sich in der Umsetzung

| Projekte  | Unternehmen              | Jahr      |
|---|--------------------------|-----------|
| Förderung des Recyclings von Kunststoffen aus EAG | Wiederkehr Recycling AG  | 2023–24   |
| Repair/Reuse                                      | Stadt Bern               | 2023–24   |
| Funktionelle Kreislaufnutzung                     | Revamp IT                | 2023–24   |
| Reuse   | Swico                    | 2023–25   |
| Recycling von LIB und Kobalt aus Kleinstgeräten*  | Solenthaler Recycling AG | 2024-2026 |

\*Zusätzlich gefördert von SENS und BAFU

Erstellt mit Datawrapper



Abb 3: ReUse Swico Recycling: Sammelbehälter für Handys und Laptops

Abb 4: Repair, Reuse Stadt Bern Pretty Goods: Kampagnenplakat für die Wiederverwendung von Elektrogeräten an Sammelstellen

Nach vier Jahren lässt sich zusammenfassen, dass der voraussichtliche Entscheidung, einen Innovationsfonds zu lancieren, einen positiven Nutzen auf die Weiterentwicklung des Swico-Systems hatte. Die zwölf finanzierten Projektideen haben alle entweder direkt zu einer Verbesserung des Gesamtsystems beigetragen oder das Wissen und die Datenlage verbessert, was notwendig ist, um Innovationen mit einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis voranzubringen.

**Siehe auch:**

[Wer steht hinter dem Innovationsfonds?](#)

[Fachbericht 2021 von Swico, SENS und SLRS](#)

[Zum Beitrag](#)

## 10 Endverarbeitung edelmetallhaltiger Fraktionen

### Rückblick auf eine Weiterbildung der TK Swico und SENS

Autor: Andreas Bill, Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

**Edelmetallhaltige Fraktionen aus dem Schweizer Elektroaltgeräte (EAG)-Recycling werden in Spezienschmelzwerken im europäischen Raum endverarbeitet. Dabei können neben Gold und Silber auch bis zu 15 weitere Edel- und Sondermetalle zurückgewonnen werden. Im Rahmen einer Weiterbildung setzte sich die Technische Kommission von Swico und SENS (TK Swico/SENS) 2023 mit den Fragen auseinander, wie dies technisch funktioniert, wo die Grenzen liegen und wie es mit der Rückgewinnung von Metallen aus Lithium-Ionen- Batterien aussieht.**

Am 25. und 26. September 2023 trafen sich die Mitglieder der TK Swico/SENS in Spiez BE zu einer zweitägigen Weiterbildung. Nebst dem regulären organisatorischen und fachlichen Austausch kam vertieft das Thema Verarbeitung edelmetallhaltiger Fraktionen zur Sprache. Als Experte für (Edel-)Metallrecycling konnte Christian Hagelüken gewonnen werden. Er liess uns an seinem breiten Wissen teilhaben, das er in seiner langjährigen Industrieerfahrung und durch sein Mitwirken in verschiedenen Grossprojekten, Expertengruppen und Initiativen aufgebaut hat. Neben den fachlichen Inputs und dem offenen Austausch stand auch ein Besuch bei der Batreco in Wimmis auf dem Programm, bei der die TK einen vertieften Einblick in die Batterierecyclingprozesse und die Entwicklungen zur Verarbeitung von Lithium-Ionen-Batterien erhielt.

#### Multimetallrecycling

EAG sind ein komplexer Abfallstrom, der Kunststoffe, Glas, Keramik, Edel-, Basis und Sondermetalle, Halogene, Schadstoffe etc. in einem engen Materialverbund enthält. In einer teils manuellen, teils mechanischen Vorbehandlung werden diese Materialien soweit möglich aufgetrennt, um sie einem entsprechenden Recyclingprozess zuzuführen. Die Edel- und Sondermetalle werden dabei in bestimmten Fraktionen aufkonzentriert, welche jedoch weiterhin aus einer Materialmischung bestehen. Eine saubere Abtrennung solcher Metalle ist zu diesem Zeitpunkt nicht möglich. Edel- und sondermetallreiche Fraktionen werden daher einem Multimetallrecycling-Prozess zugeführt. Nach dem Aufschmelzen werden kupfer-, nickel- und bleireiche Schmelzen voneinander getrennt. Diese Metalle dienen dabei als Sammler und nehmen (chemisch) edle Metalle mit, die metallurgisch und thermodynamisch dazupassen. Bei der Rückgewinnung von Kupfer, Nickel und Blei über Spezialprozesse verbleiben die «gesammelten» Metalle in den jeweils anfallenden Rückständen, aus denen sie in Folgeprozessen zurückgewonnen werden können<sup>8</sup> (siehe Abbildung 1). Dabei sind hohe Recyclingraten selbst dann möglich, wenn die Zielmetalle nur als Spurenelemente im Input vorkommen.

<sup>8</sup> Im Artikel wird der Prozess beschrieben, der bei der Umicore Hoboken zur Anwendung kommt. Die Prozesse bei anderen Schmelzwerken können davon abweichen.

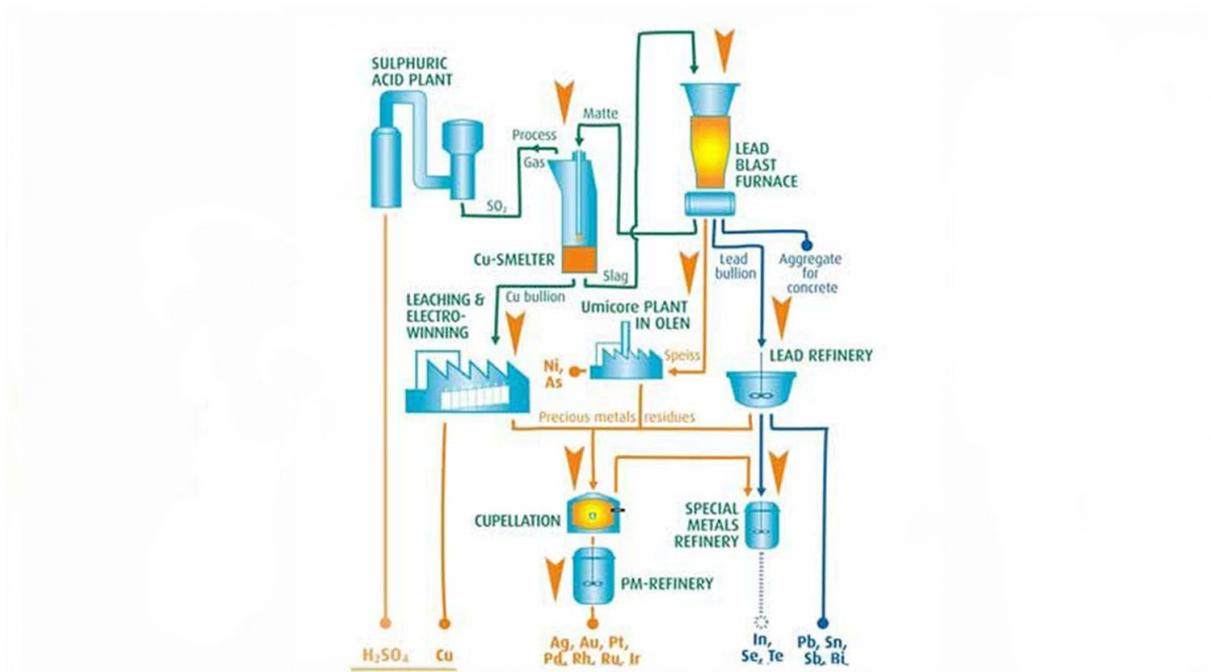


Abb. 1: Quelle: C. Hagelüken, "Recycling of Electronic Scrap at Umicore. Precious Metals Refining," in Acta Metall, Waste - Secondary Raw Materials III, Strbske Pleso, Slovakia, 2006

## Herausforderungen

Die Prozesskomplexität ist hoch, denn neben den unterschiedlichen Schmelz- und Raffinationsprozessen bestehen auch strikte Anforderungen an die Luftreinhaltung und das Reststoffmanagement. Entsprechend hoch ist auch der Investitionsbedarf. Weil die Prozesse zudem energieintensiv sind, kommen hohe und teils volatile Energiekosten sowie Investitionen in die Dekarbonisierung der Prozesse hinzu. Diesen Kosten stehen abnehmende Edelmetallgehalte in Elektronikprodukten sowie volatile Metallpreise gegenüber. Um die Wirtschaftlichkeit einer Multimetallrecycling-Anlage für Elektronik zu gewährleisten, sind Economies of Scale von zentraler Bedeutung. Weltweit gibt es deshalb nur eine limitierte Anzahl solcher Anlagen.

Eine weitere Herausforderung ist das Ziehen von repräsentativen Proben für die Materialanalyse. Eine solche muss für jede Lieferung gemacht werden, da sie benötigt wird, um das eingekaufte Material anhand der tatsächlichen Zielmetallgehalte sowie allfälliger Stör- und Schadstoffgehalte korrekt zu vergüten. Zudem sind diese Informationen elementar, um eine optimale Zusammenstellung des Inputmaterials für den Schmelzprozess zu gewährleisten.

## Grenzen

Zielmetalle, die einem entsprechenden Multimetallrecycling-Prozess zugeführt werden, können mit hoher Qualität zurückgewonnen werden. Die Prozessausbeute für Edelmetalle liegt bei über 95 %. Dabei handelt es sich jedoch um den letzten Schritt in der Recyclingkette. Zuvor müssen Elektroaltgeräte gesammelt und Prozessen zur Vorbehandlung zugeführt werden. Wenn Elektroaltgeräte gar nicht erst gesammelt oder

wenn sie einer ungeeigneten Entsorgung zugeführt werden, gehen die darin enthaltenen Metalle verloren. Weitere Verluste können auch in der Vorbehandlung entstehen, wenn Edel- und Sondermetalle auf Fraktionen verteilt werden, aus denen sie nicht zurückgewonnen werden. Die Gesamtrecyclingeffizienz wird dabei durch das schwächste Glied der Kette bestimmt (siehe Abbildung 2).

Edel- und Sondermetalle kommen nur in geringen Mengen in Elektroaltgeräten vor. Aufgrund der hohen Investitions- und Prozesskosten ist ein wirtschaftliches Recycling nur dann möglich, wenn der Prozess mit den nötigen Mengen ausgelastet werden kann und die Metallpreise entsprechend hoch sind. Letzteres ist bei Edelmetallen und Kupfer gegeben, für viele Sondermetalle hingegen nicht. Diese können nur wirtschaftlich zurückgewonnen werden, weil die entsprechenden Synergien mit dem Kupfer- und Edelmetallrecycling vorhanden sind. Metalle, die metallurgisch und thermodynamisch nicht zu den angewandten Prozessen passen, gehen als Oxide in die finale Schlacke über, aus der sie in der Regel weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll zurückgewonnen werden können.

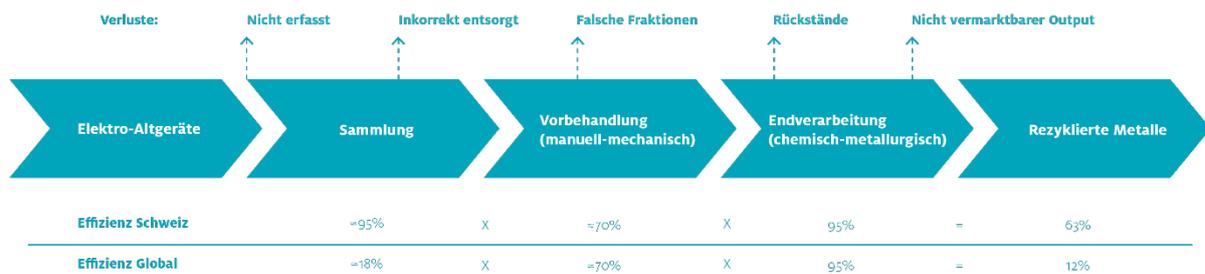


Abb. 2: Gesamtrecyclingeffizienz

### Lithium-Ionen-Batterierecycling

Lithium-Ionen-Batterien sind heute in Elektronikprodukten allgegenwärtig. Da es sich um spezifische Bauteile handelt, können und müssen diese frühzeitig entfernt und einem separaten Recycling zugeführt werden. Einerseits stellen Lithium-Ionen-Batterien im Abfallstrom ein grosses Risikopotenzial dar<sup>9</sup>, andererseits können die enthaltenen Rohstoffe besser zurückgewonnen werden, wenn die Batterien als separater Strom einem gezielten Recycling zugeführt werden. Weil Batterien oft fest in den Geräten verbaut sind (verklebt, eingeschweisst), sie bei der Entfernung jedoch möglichst unbeschädigt bleiben sollten, ist schon dieser Prozess eine erste technische und wirtschaftliche Herausforderung. Zudem gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Bauweisen und Batteriechemien. Eine Sortierung ist nur bei einem homogenen Abfallstrom möglich, zum Beispiel bei Elektroautobatterien gleicher Art und Bauweise. Lithium-Ionen-Batterien aus Elektroaltgeräten werden in der Regel nicht sortiert, sondern in einem speziellen Zerkleinerungsverfahren gemischt verarbeitet, um eine sogenannte «Black Mass» als Vormaterial für die Endverarbeitung zu erhalten. Nebst Nickel und Kupfer enthält die Black Mass auch Kobalt, Lithium und weitere Metalle. Im zuvor beschriebenen Prozess zur Rückgewinnung von Edel- und Sondermetallen

<sup>9</sup> Hitzeentwicklung bei allfälligen Kurzschlüssen durch Beschädigung kann schnell zu Bränden führen.

können davon nur Kupfer und Nickel zurückgewonnen werden. Die weiteren Metalle würden in der Schlacke verloren gehen. Um die in der Black Mass enthaltenen Rohstoffe effizient zurückzugewinnen, bedarf es anderer Spezialverfahren. Solche werden aktuell von verschiedenen Firmen entwickelt, unter anderem auch von der Umicore. Rückgewinnungsquoten von >90% für Kobalt, Nickel und Kupfer sowie von > 50% für Lithium können bereits erreicht werden.

### **Besuch bei der Batrec**

Auch die Batrec entwickelte ein Verfahren zur Metallrückgewinnung aus Lithium-Ionen-Batterien. Die teilweise mit anderen Batterietypen<sup>10</sup> vermischt angelieferten Lithium-Ionen-Batterien werden händisch aussortiert und die reine Lithium-Ionen-Batterie-Fraktion daraufhin in einem speziellen Zerkleinerungsverfahren verarbeitet. Dabei wird unter anderem Black Mass gewonnen, welche als Vormaterial für die Endverarbeitung bei einem Abnehmer dient.

Beim Besuch in Wimmis konnte neben der Führung und den Inputs zu den Recyclingprozessen für gewöhnliche Haushaltsbatterien auch die manuelle Sortierung und das Zerkleinerungsverfahren für Lithium-Ionen-Batterien besichtigt werden. In einem offenen Austausch mit Fachpersonen der Batrec konnten zudem Fragen zum Umgang mit Lithium-Ionen- und Lithium-Metall-Batterien geklärt werden, die bei der Audittätigkeit häufig aufkommen.

### **Quelle:**

C. Hagelüken, «Recycling of Electronic Scrap at Umicore. Precious Metals Refining.» in *Acta Metall, Waste – Secondary Raw Materials III*, Strbske Pleso, Slovakia, 2006.

[Zum Beitrag](#)

---

<sup>10</sup> Nickel-Cadmium-, Alkali-, Nickel-Metallhydrid(NiMH)-Batterien etc.

## 11 Stand der Technik im Elektroschrottreycling

### Was bedeutet das genau?

Autoren:

Heinz Böni, Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Isabelle Baudin, Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Im Kontext der Abfallwirtschaft spricht der Gesetzgeber oft vom «Stand der Technik», den eine Anlage oder ein Verfahren erfüllen muss. Aktuell wird der Begriff im Entwurf zur «Vollzugshilfe zum Stand der Technik der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten» des Bundesamtes für Umwelt präzisiert. Diese wird nächstens veröffentlicht. Was bedeutet der Begriff in der Praxis und wie steht er zu privatrechtlichen Normen?**

In der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) wird der Stand der Technik in Artikel 3 definiert als «der aktuelle Entwicklungsstand von Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der: 1. bei vergleichbaren Anlagen oder Tätigkeiten im In- oder Ausland erfolgreich erprobt ist oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurde und nach den Regeln der Technik auf andere Anlagen oder Tätigkeiten übertragen werden kann, und 2. für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche wirtschaftlich tragbar ist». Analog findet sich der Begriff in Artikel 3, Buchstabe h der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG).

Im Umweltschutzrecht leitet sich der Begriff aus dem Vorsorgeprinzip ab, nach dem schädliche und lästige Einwirkungen frühzeitig zu begrenzen sind. Eine Anlage nach dem Stand der Technik soll sicherstellen, dass keine veralteten Verfahren eingesetzt werden, wenn bessere Verfahren verfügbar sind. Der Begriff beschreibt keine bestimmte Technologie, sondern eine Leistungsanforderung und er löst dadurch eine Dynamik in Richtung einer kontinuierlichen Verbesserung aus.

Mit der zweiten Bedingung, der wirtschaftlichen Tragbarkeit, wird in der Definition zum Stand der Technik zum Ausdruck gebracht, dass sich Verfahren, die erst im Labor- oder Pilotmassstab verfügbar sind, nicht zwingend auf grosse, kommerziell betriebene Anlagen hochskalieren lassen. Damit sie als «gemäss dem Stand der Technik» erklärt werden können, muss nachgewiesen werden, dass ein neues oder weiterentwickeltes Verfahren in der Praxis eingesetzt werden kann. Der Stand der Technik bereitet aber auch das Terrain für fortschrittliche Technologien auf, die alleine durch bestehende gesetzliche Grundlagen allenfalls zu wenig «Rückenwind» erhielten.

Mit der Vollzugshilfe zum Stand der Technik der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Abfällen will das Bundesamt für Umwelt (BAFU) einerseits sicherstellen, dass die Entsorgung dieser Abfälle umweltgerecht und mit etablierten Technologien erfolgt. Andererseits will das BAFU mit der Vollzugshilfe auch klare Rahmenbedingungen und damit Rechtssicherheit und gleich lange Spiesse für alle betroffenen Unternehmen schaffen.

### **Normen und Stand der Technik**

Wie sieht es mit privatrechtlichen Regelwerken, d. h. Normen und Standards, aus? Wie stehen diese zum Stand der Technik? Oft geht man davon aus, dass privatrechtliche Normen den Stand der Technik widerspiegeln, da sie ja fortlaufend weiterentwickelt werden. Gemäss der Internationalen Normenorganisation (ISO) ist eine technische Norm eine *«technische Spezifikation bzw. ein Dokument, das der Öffentlichkeit zugänglich ist, in Zusammenarbeit mit allen interessierten Kreisen und mit deren Konsens oder allgemeiner Billigung aufgestellt wird, sich auf die vereinten Ergebnisse von Wissenschaft, Technik und Erfahrung stützt, den grössten Nutzen der Allgemeinheit zum Ziel hat und von einem qualifizierten Gremium auf nationaler, regionaler oder internationaler Ebene angenommen wurde»*.

Privatrechtliche Normen haben keine verbindliche Rechtskraft. Rechtskräftige Erlasse stehen ausschliesslich den Behörden zu. Oft verweist der Gesetzgeber allerdings auf Normen, z. B. im Baubereich auf die SIA-Normen, welche die anerkannten Regeln der Technik festhalten. Damit kann den Normen auch eine rechtliche Wirkung zufallen. Eine Norm kann dazu dienen, den Stand der Technik festzulegen. Umgekehrt kann ein neuer Stand der Technik auch dazu führen, dass eine veraltete Norm angepasst werden muss. Beides steht in einer dynamischen Beziehung zueinander.

### **Ist die Norm SN EN 50625 noch aktuell?**

Wie sieht das nun in der Praxis im Hinblick auf die vor der Publikation stehende Vollzugshilfe zum «Stand der Technik der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten» des Bundesamts für Umwelt aus? Sind aufgrund dieses behördlichen Instruments, dem keine direkte Rechtswirkung zukommt, die in der Schweiz angewandten Normen der Reihe SN EN 50625 aus dem Jahr 2014 noch zeitgemäss?

Wie schon im Fachbericht 2023<sup>11</sup> erläutert wurde, geht die Vollzugshilfe in einigen Bereichen weiter als die bestehende Norm. Beispielsweise erhält die Rückgewinnung von Funktionen gegenüber dem stofflichen und thermischen Recycling mehr Gewicht. Zudem sind werthaltige EAG möglichst zerstörungsfrei vorzubehandeln, um eine optimale Wertstoffrückgewinnung zu ermöglichen. Auch im Umgang und Transport von Lithium-Batterien und den damit verbundenen Gefahren geht die Vollzugshilfe weiter als die Norm, indem Schüttguttransporte von EAG, die noch Batterien enthalten, untersagt sind. Mit der Forderung nach Rückgewinnung von seltenen Technologiemetallen – sofern es entsprechende Verfahren gibt – unterstützt die Vollzugshilfe Entwicklungen in diese Richtung.

Um den Stand der Technik gemäss VREG sicherzustellen und weiterzuentwickeln, sind geeignete Indikatoren festzulegen, mit denen der Leistungsstand der Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen beurteilt werden kann. Zur Festlegung kreislauforientierter Leistungsziele wird der Umweltnutzen der eingesetzten Anlagen und Verfahren zunehmend an Bedeutung gewinnen.

---

<sup>11</sup> Böni, H.: Kreislaufwirtschaft bei der EAG-Entsorgung - die BAFU-Vollzugshilfe zum Stand der Technik setzt neue Massstäbe; [Fachbericht 2023 SENS und Swico](#)

Im Projekt e-conseg des Bundesamtes für Umwelt, das 2024 abgeschlossen wird, werden Indikatoren für eine kreislauforientierte Behandlung von Elektroaltgeräten (EAG) entwickelt<sup>12</sup>. Diese neuen Beurteilungsindikatoren werden in der Folge auch die Vollzugshilfe und damit die Normensetzung beeinflussen.

**Quellen:**

1. Schweizerische Normenvereinigung (SNV); Normung und Recht – der rechtliche Status von Normen (2013)
2. Bundesamt für Umwelt (BAFU); Allgemeine Bestimmungen der VVEA; Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA); Umwelt-Vollzug (2024); *Entwurf (noch nicht publiziert)*

[Zum Beitrag](#)

---

<sup>12</sup> Wehrli, A., Remmen, K., Böni, H.: Für eine optimierte kreislauffähige EAG-Behandlung der Zukunft; [Fachbericht 2023 SENS und Swico](#)

## 12 Umgang mit beschädigten Lithium Batterien

### Risiken einer Quarantäne in Wasser

Autoren:

Andreas Bill, Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Manuele Capelli, Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

**Lithium-Ionen Batterien stellen heute eine der grössten Herausforderungen im Elektroaltgeräte-Recycling dar. Bei der Entnahme können die Batterien leicht beschädigt werden, was das Risiko für Kurzschlüsse und für die Freisetzung der gespeicherten Energie stark erhöht. Eine Möglichkeit zu verhindern, dass beschädigte Batterien reagieren können, ist, sie für eine längere Zeit in Wasser unter «Quarantäne» zu stellen. Dadurch entladen sich die Batterien. In einer Versuchsreihe wurde untersucht, ob diese Praxis Risiken in sich birgt und welche das sein können.**

Vor dem Aufkommen von Lithium-Ionen-Batterien war die Entfernung der Batterien aus Elektroaltgeräten eine simple Angelegenheit. Als Verbrauchsteile, die bereits während des normalen Gebrauchs regelmässig ausgewechselt werden mussten, waren die Batterien einfach zugänglich und leicht zu entfernen. Auch die ersten Generationen von Lithium-Ionen-Batterien in Mobiltelefonen und Laptops konnten noch mit einem einzigen Handgriff entnommen werden. Heute sind Lithium-Ionen-Batterien in Laptops, Tablets und Mobiltelefonen meist geklebt. Sie werden nicht mehr durch ein eigenes Gehäuse geschützt, sondern als weiche «Pouch-Zellen» verbaut. Auch werden Lithium-Ionen-Batterien mittlerweile in eine Vielzahl von Kleingeräten wie elektrische Zahnbürsten oder E-Zigaretten fest verbaut. Vor einer mechanischen Verarbeitung müssen diese Batterien entfernt werden. Beim Herauslösen können insbesondere schlecht geschützte Zellen leicht beschädigt werden. An Arbeitsplätzen, an denen Lithium-Ionen-Batterien entfrachtet werden, stehen daher in der Regel Quarantänebehälter bereit, welche mit Wasser, Sand oder Vermiculit gefüllt sind. Wasser hat den Vorteil, dass die Batterie während der Quarantäne entladen wird, was theoretisch durch die Zugabe von Salz weiter unterstützt werden kann. Weil die Batterie im Wasser reagiert, können dabei jedoch auch schädliche Gase freigesetzt und das Wasser verschmutzt werden. Zudem besteht bei den Lithium-Metall-Batterien die Gefahr, dass sie versehentlich mit Wasser in Kontakt kommen und das darin enthaltene elementare Lithium mit dem Wasser reagiert und Wasserstoff freisetzt.

### Versuche

Um die genannten Risiken einzuschätzen, führte die Empa eine einfache Versuchsreihe durch. In einem ersten Versuch (siehe Abbildung 1) wurden Lithium-Ionen-Pouch-Zellen aus Mobiltelefonen und Laptops während 48 Stunden in Testbehältern mit Leitungswasser bzw. Salzwasser (NaCl-Lösung) belassen. Dabei wurden Batterien aus Elektroaltgeräten verwendet und einzelne Zellen gezielt beschädigt. Pro Testbehälter (5L) wurden acht Zellen verwendet. Die Testbehälter wurden luftdicht verschlossen und mit einer Gärglocke versehen, so dass die Gasentwicklung qualitativ erfasst werden konnte. Nach 48 Stunden wurden Proben genommen und zur Analyse ins Labor geschickt.

In einem zweiten Versuch wurden neue, voll geladene Lithium-Manganoxid -Batterien in Testbehälter mit Leitungswasser bzw. Salzwasser gegeben, um die spontane Reaktion zu beobachten. Die Batterien wurden zudem während 48 Stunden im Wasser belassen, um auch langsamere Reaktionen aufzuzeigen. Die Versuche wurden jeweils mit einer intakten und einer stark gequetschten Knopfzelle und AA-Batterie durchgeführt.



Abb. 1: v.l.n.r Gebrauchte, teils geblähte Pouch-Zellen / Zusätzliche Beschädigung einzelner Zellen / Je 8 Zellen wurden in 5 Liter Leitungs- bzw. Salzwasser gelegt / Gärbehälter zur Überwachung der Gasentwicklung

### Entladung von Lithium-Ionen-Batterien

Innerhalb von 48 Stunden entluden sich die intakten Pouch-Zellen von ca. 4.0 Volt auf 0.4 V–1.75 V. Da bei Spannungen unter 2 Volt der Restenergiegehalt in Lithium-Ionen-Batteriezellen im einstelligen Prozentbereich liegt, stellt eine so tief entladene Zelle kein Risiko mehr dar. Es konnte auch festgestellt werden, dass die Entladung im Salzwasser nicht stärker ausfällt. Im Gegenteil: Die Zellen, die im Salzwasser lagen, wurden im Durchschnitt weniger stark entladen. Dies kann damit erklärt werden, dass die Kontakte im Salzwasser stärker korrodieren, was die Entladung verzögert.

### Gasbildung

Die Bewegungen der Gärglocken wurden während der ersten Stunde aufgezeichnet und analysiert. Dabei konnte einerseits klar gezeigt werden, dass bei der Entladung der Pouch-Zellen im Wasser Gase entstehen. Andererseits fällt die Gasbildung moderat aus (1–2 Bewegungen pro Minute) und nimmt mit der Zeit sichtlich ab (siehe Video<sup>13</sup>). Beim Salzwasser kann eine stärkere Verlangsamung der Aktivität beobachtet werden. Dies lässt wiederum auf eine relativ schnelle Korrosion der Kontakte und entsprechende Abnahme der Entladung schliessen.

### Schadstoffe im Wasser

Die Wasserproben wurden durch die Bachema AG auf 25 Elemente analysiert. 13 der untersuchten Elemente konnten in zumindest einer Probe nachgewiesen werden. Die Resultate sind in Tabelle 1 aufgeführt. Überschreitungen der Grenzwerte der Schweizer Gewässerschutzverordnung für eine Einleitung in die Kanalisation sind mit einem \* markiert. Durch die stärkere Entladung im Leitungswasser werden höhere Werte für Kobalt, Kupfer und Lithium erreicht. Die Werte für Nickel und Mangan fallen jedoch im Salzwasser höher

<sup>13</sup> Das Video enthält eine Zeitrafferaufnahme (60-fache Beschleunigung) der ersten 60 Versuchsminuten.

aus. Da in den Versuchen nicht die exakt gleichen Zellen verwendet wurden, liegt die Vermutung nahe, dass beim Salzwasserversuch mehr NMC-Zellen (Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid) vorhanden waren. Die Analyse zeigt, dass bei der Quarantäne Schwermetalle ins Wasser übergehen und die Grenzwerte für eine Einleitung in die Kanalisation schnell überschritten werden.



Video: Pouch Zellen Gas

## Elemente und Schwermetalle in mg/L im Quarantänewasser

Werte in mg/L

| Element   | Leitungswasser | Salzwasser | Grenzwert |
|-----------|----------------|------------|-----------|
| Aluminium | 12.2           |            |           |
| Barium    | 0.07           | 0.14       |           |
| Cadmium   | 0.0014         | 0.0009     | 0.1       |
| Chlor     |                | 22.6       |           |
| Eisen     | 0.3            | 142        |           |
| Kobalt    | 0.95*          | 0.03       | 0.5       |
| Kupfer    | 3.25*          | 0.03       | 1         |
| Lithium   | 1.81           | 0.27       |           |
| Mangan    | 0.07           | 0.78       |           |
| Nickel    | 12.6*          | 33.5*      | 2         |
| Strontium | 0.54           | 0.49       |           |
| Vanadium  |                | 0.13       |           |
| Zinn      | 0.06           | 0.02       |           |

Tabelle 1 / \*Grenzwert überschritten.

Erstellt mit Datawrapper

Tabelle 1: \*Grenzwerte überschritten

### Metallisches Lithium

In den Versuchen mit Lithium-Manganoxid-Batterien konnte weder bei den intakten noch bei den beschädigten Batterien eine starke unmittelbare Reaktion beobachtet werden. Die Spannung wurde nach zwei Stunden überprüft. Dabei konnte festgestellt werden, dass eine Entladung stattfindet, die im Salzwasser stärker ausfällt. Eine mögliche Erklärung für das unterschiedliche Verhalten im Vergleich zu den Pouch-Zellen sind hierbei die grösseren Kontakte. Neben dem Spannungsabfall konnte auch eine leichte Bläschenbildung beobachtet werden. Ob es sich dabei um freigesetzten Wasserstoff handelt, konnte nicht überprüft werden. Nach 48 Stunden hatten sich die Batterien stark zersetzt (siehe Abbildung 2). Die Gasbildung blieb jedoch relativ gering.

### Fazit

Die Versuche haben gezeigt, dass sich Lithium-Ionen-Batterien im Wasser gut auf ein sicheres Niveau entladen lassen. Die Zugabe von Salz ist nicht notwendig, sie verlangsamt den Prozess sogar. Wird die Quarantäne in Wasser durchgeführt, entstehen insbesondere zu Beginn Gase in moderatem Umfang. Die Quarantänebehälter sollten daher vom Arbeitsplatz entfernt werden, sobald sich darin Batterien befinden, und es sollte auf eine gute Belüftung geachtet werden. Das Quarantänewasser muss zudem als Sonderabfall entsorgt werden, da sich darin Schwermetalle anreichern.

Es besteht keine Gefahr durch eine starke Reaktion von elementarem Lithium aus der Anode von Lithium-Metall-Batterien beim Kontakt mit Wasser. Neben den getesteten Lithium-Manganoxid-Batterien kommen jedoch auch Lithium-Thionylchlorid-Batterien zum Einsatz, die sich durch ihre hohe Energiedichte und ihre sehr geringe Selbstentladung auszeichnen. Diese Batterien werden insbesondere als Stützbatterien, in Verbrauchszählern oder Alarm- und Sicherheitssystemen und anderen Langzeitanwendungen eingesetzt. Da Thionylchlorid heftig mit Wasser reagieren kann, ist hier Vorsicht geboten.

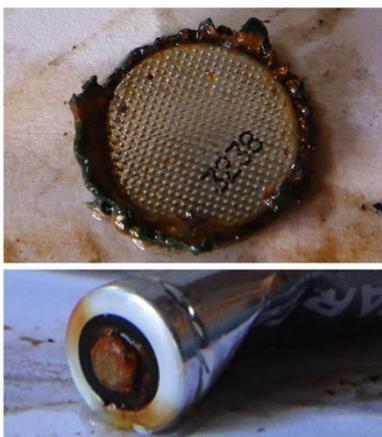


Abb. 2: Lithium-Manganoxid Batterien nach 48 Stunden Wasserkontakt

[Zum Beitrag](#)

## 13 EU Critical Raw Materials Act

Autor: Manuele Capelli, Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

### **Der European Critical Raw Materials Act: Was beinhaltet er und was sind mögliche Auswirkungen auf die Schweiz?**

**Mit dem European Critical Raw Materials Act möchte die EU in Zukunft die Abhängigkeit von Importen für bestimmte Rohstoffe verringern. Dieser stärkere Fokus der EU auf die eigene Produktion aus Primär- wie auch Sekundärquellen birgt Risiken, aber auch Möglichkeiten für die Schweizer Recyclingbranche.**

Für die Bekämpfung der Klimakrise ist eine Umstellung unseres fossilen Energiesystems auf nachhaltige Lösungen essenziell. Zahlreiche der zurzeit vielversprechendsten Schlüsseltechnologien wie Stromerzeugung aus Wind- oder Solarenergie, Elektrofahrzeuge sowie Energiespeicher und intelligente Stromnetze benötigen signifikante Mengen an besonderen Rohstoffen. Die Europäische Union ist – wie auch die Schweiz – für die meisten dieser «kritischen» Rohstoffe (engl. Critical Raw Materials, CRM) von Importen abhängig. Die Gründe liegen darin, dass keine primären Vorkommen vorhanden sind oder diese Stoffe wegen wirtschaftlicher, regulatorischer oder gesellschaftspolitischer Gegebenheiten nicht nutzbar sind.

Diese Abhängigkeit stellt ein erhebliches Risiko für den Erfolg der grünen Transformation in Europa dar. Geopolitische Ereignisse wie der Ukrainekrieg oder Lieferkettenengpässe zeigen die Verwundbarkeit des globalen Systems. Für viele Rohstoffe ist zudem eine geringe Diversifizierung der Lieferländer ein zusätzliches Risiko. So wird beispielsweise 97 % des in der EU benötigten Magnesiums aus China importiert.

Die Europäische Kommission untersuchte bereits ab 2008 die Frage des Zugangs zu Rohstoffen in der EU im Rahmen der European Raw Materials Initiative. Im Zuge der verschiedenen Lieferengpässe im Jahr 2022 wurde die Thematik wieder aufgenommen und führte zu raschem Handeln der EU-Politiker:innen.

Der European Critical Raw Materials Act (ECRM), der im März 2023 veröffentlicht wurde, zielt ab auf eine Verminderung dieser Risiken durch eine Steigerung der Kapazitäten über die gesamte Produktions- und Lieferkette. Europa soll, wenn möglich, einen Teil der Rohstoffe selbst zur Verfügung stellen können.

Für 2030 legt der ECRM Richtwerte für die EU-weiten Kapazitäten entlang der Lieferkette kritischer und strategischer Rohstoffe (siehe Abbildung 1) fest:

- 10 % des jährlichen Förderbedarfs der EU an Rohmaterialien sollen in Europa gefördert werden.
- 40 % der weiteren Verarbeitung dieser Rohmaterialien sollen in der EU stattfinden.
- 15 % des Bedarfs eines Rohstoffs der EU sollen aus dem innereuropäischen Recycling stammen.

### Kritische Rohstoffe 2023

|                  |            |                       |                 |
|------------------|------------|-----------------------|-----------------|
| Aluminium/Bauxit | Kokskohle  | Lithium*              | Phosphor        |
| Antimon          | Feldspat   | LREE                  | Scandium        |
| Arsen            | Flussspat  | Magnesium*            | Siliziummetall* |
| Baryt            | Gallium*   | Mangan*               | Strontium       |
| Beryllium        | Germanium* | Naturgraphit*         | Tantal          |
| Bismut*          | Hafnium    | Niobium               | Titanmetall*    |
| Bor*/Borat       | Helium     | Platingruppenmetalle* | Wolfram*        |
| Kobalt*          | HREE*      | Phosphatgestein       | Vanadium        |
|                  |            | Kupfer*               | Nickel*         |

Abbildung 1: Aktuelle Liste der kritischen Rohstoffe im Jahr 2023. / \*Strategische Rohstoffe / Kupfer und Nickel sind zusätzlich als nicht kritische, aber dennoch strategisch wichtige Rohstoffe inkludiert.

Created with Datawrapper

Abb. 1: Aktuelle Liste der kritischen Rohstoffe im Jahr 2023.

\* Strategische Rohstoffe / Kupfer und Nickel sind zusätzlich als nicht kritische, aber dennoch strategisch wichtige Rohstoffe inkludiert.

Um einseitige Abhängigkeiten zu verhindern, sollte die EU nicht mehr als 65 % ihres jährlichen Bedarfs an einem strategischen Rohstoff in jedem relevanten Verarbeitungsstadium aus einem einzelnen Nicht-EU-Land beziehen. Der Aufbau europäischer Kapazitäten wird gefördert: Die gesamte Wertschöpfungskette – Abbau, Raffination, Verarbeitung und Recycling – soll durch Exploration lokaler Primärquellen in Europa, einfachere Genehmigungsverfahren und leichtere Zugriffe auf Finanzmittel gestärkt werden. Die EU wird zudem ihre Kapazitäten zur Überwachung und Kontrolle der Rohstoffflüsse erhöhen, um die Lieferketten widerstandsfähiger zu machen. Stresstests, strategische Bestände und nachhaltige Investitionen werden gefördert.

Ausserdem sind sekundäre Quellen relevant, denn aus Produktionsabfällen oder durch Recycling von Produkten können Rohstoffe zurückgewonnen werden. Der ECRM soll die Kreislaufwirtschaft fördern und vielversprechende Rückgewinnungstechnologien marktreif machen. Wichtige Sektoren sind dabei der Automobilsektor, Batteriespeicher und Traktionsbatterien, IT- und Haushaltselektronik sowie erneuerbare Energien.

Eine Stärkung des Recyclingsektors in der EU sowie ein stärkerer Fokus auf die Rückgewinnung von bisher nicht im industriellen Massstab zurückgewonnenen Materialien wird auch einen Einfluss auf die Schweizer Recyclingbranche haben. Ein Beispiel könnte die zukünftige Rückgewinnung von den seltenen Erden Neodym und Dysprosium sein, welche in starken Magneten zum Einsatz kommen.

Der ECRM zielt darauf ab, die Abhängigkeit von Importen zu verringern. Dies könnte dazu führen, dass die EU strengere Exportkontrollen für kritische Rohstoffe einführt. Die Schweiz als Nicht-EU-Mitglied könnte von solchen Exportbeschränkungen betroffen sein. Dies könnte den Zugang zu bestimmten Rohstoffen erschweren.

Insgesamt erfordert der European Critical Raw Materials Act eine enge Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und der EU, damit die Herausforderungen im Rohstoffsektor angegangen und nachhaltige Lösungen gefunden werden können.

#### **Quellen:**

1. Europäische Kommission – European Critical Raw Materials Act – [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en)
2. MEIG Programme – The EU Critical Raw Materials Act and its geopolitical Implications – <https://www.meig.ch/highlight-1-2024-the-eu-critical-raw-materials-act-and-its-geopolitical-implications/>
3. Swisscore – Commission presents Critical Raw Materials Act – <https://www.swisscore.org/commission-presents-critical-raw-materials-act/>
4. Swisscore – Agreement reached on Critical Raw Materials Act – <https://www.swisscore.org/agreement-on-critical-raw-materials-act/>

[Zum Beitrag](#)

## 14 Monitoring von gemischten Kunststoffsammlungen

Autorin: Esther Thiébaud, Leiterin der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling dss+

**Der Verein Schweizer Plastic Recycler betreibt seit 2020 ein von der Empa entwickeltes Monitoringsystem. Um dem Bedürfnis der Bevölkerung nach einer Sammlung von gemischten Kunststoffabfällen aus Haushalten gerecht zu werden, sind in der Schweiz in den letzten Jahren verschiedene Sammelsysteme entstanden. 2019 hat der Verein Schweizer Plastic Recycler (VSPR) als Branchenorganisation mit Unterstützung der Empa und in Anlehnung an das Kontrollsystem von Swico und SENS ein Monitoringsystem entwickelt und setzt dieses seither erfolgreich um. Das Ziel ist, eine hohe Qualität der Sammlung und Verwertung in Bezug auf Umwelt, Qualität, Sicherheit und Gesundheit zu gewährleisten. Mittlerweile verfügen neun Systeme über ein Label des VSPR. Diese haben im Jahr 2022 insgesamt knapp 9 500 Tonnen gemischte Kunststoffe gesammelt.**

### Wie alles begann

Gemischte Kunststoffabfälle aus Haushalten machen heute volumenmässig einen grossen Teil des Siedlungsabfalls aus. Werden diese rezykliert, kann ein wichtiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft, Ressourcenschonung und CO<sub>2</sub>-Reduktion geleistet werden. Um dieser Tatsache und auch dem Bedürfnis der Bevölkerung nach getrennter Sammlung und Abgabe von gemischten Kunststoffen aus Haushalten Rechnung zu tragen, wurden in verschiedenen Regionen der Schweiz Angebote zur Sammlung und Verwertung von Kunststoffen geschaffen.

Drei der grössten Sammelsysteme erarbeiteten 2018 gemeinsam mit dem Verein Schweizer Plastic Recycler (VSPR) eine Kunststoffcharta<sup>14</sup>, welche die wesentlichen Anforderungen an die Sammlung und das Recycling von Kunststoffabfällen aus Schweizer Haushalten definiert. Basierend auf der Charta sowie auf umweltrechtlichen Bestimmungen entwickelte die Empa 2019 ein Monitoringsystem. Dieses besteht aus überprüfbareren Anforderungen<sup>15</sup>, einem Kontrollprotokoll, einem Handbuch<sup>16</sup> und einem Excel-basierten Datenerfassungstool. Vorbild war das Kontrollsystem von Swico und SENS, an dessen Aufbau und Weiterentwicklung die Empa ebenfalls über Jahre hinweg beteiligt war. Die Idee war, dass sich Sammelsysteme durch die Teilnahme an einem Lizenzsystem freiwillig dem Monitoring unterstellen, mit dem Ziel, als Branchenlösung eine glaubwürdige und transparente Überwachung der Kunststoffsammlungen zu gewährleisten.

<sup>14</sup> [https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2019/11/Kunststoff-Charta-Schweiz\\_2018\\_VersAug2019.pdf](https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2019/11/Kunststoff-Charta-Schweiz_2018_VersAug2019.pdf)

<sup>15</sup> [https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2022/01/Anforderungen\\_Kunststoffsammlungen\\_2022.pdf](https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2022/01/Anforderungen_Kunststoffsammlungen_2022.pdf)

<sup>16</sup> [https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2022/01/Monitoringhandbuch\\_2022\\_komplett.pdf](https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2022/01/Monitoringhandbuch_2022_komplett.pdf)

### **Pilotzertifizierung**

Mit dem Lizenzsystem wurde eine unabhängige Kontrollstelle geschaffen, welche die Systembetreiber und deren Behandler bezüglich der Einhaltung der Anforderungen auditiert und deren Konformität beurteilt. Den Zuschlag für den Aufbau der Kontrollstelle und die Durchführung der ersten Pilotaudits erhielt dss+ (damals noch als Sofies-Emac AG). Die Hauptaufgabe der Kontrollstelle besteht bis heute darin, sicherzustellen, dass die gesammelten Kunststoffe nach dem Stand der Technik sortiert, aufbereitet und verwertet werden und als hochwertige Sekundärkunststoffe in den Kreislauf zurückgelangen. Gleichzeitig wird überwacht, dass nicht verwertbare Kunststoffabfälle als Ersatzbrennstoffe in Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen thermisch verwertet werden und nicht auf illegalen Deponien oder sogar in den Weltmeeren landen.

Im Pilotjahr 2020 wurden die Systeme sammelsack.ch, kunststoffsammelsack.ch und KUH-Bag (als Projekt von drei Zweckverbänden) und ihre Behandlungspartner auditiert und zertifiziert. Im Rahmen der Datenerhebung für die Audits konnten erstmals harmonisierte Kennzahlen über die verschiedenen Sammelsysteme erhoben werden. Das Ziel war, in einem jährlich publizierten Monitoringbericht klar und transparent über den aktuellen Verbleib der gesammelten gemischten Kunststoffabfälle aus Haushalten in der Schweiz zu informieren.

### **Gemeinsamkeiten und Unterschiede**

Im Unterschied zum Kontrollsystem von Swico und SENS, wo die Auditor:innen für die Systeme die Recycler kontrollieren, werden im Monitoringsystem des VSPR in dessen Auftrag die Systeme selbst kontrolliert und lizenziert. Kunststoffe aus Haushalten gehören zu den Siedlungsabfällen und fallen somit unter das Entsorgungsmonopol der Kantone. Die Kontrolle stellt sicher, dass alle lizenzierten Systeme die gesetzlichen Anforderungen und den gleichen Branchenstandard bezüglich Sammlung, Behandlung und Dokumentation einhalten. Die Erstbehandler, die teilweise nur die Kunststoffabfälle sortieren, diese teils aber auch in einem Prozess direkt zu Regranulat verarbeiten, werden analog zu den Recycleraudits von Swico und SENS kontrolliert. Nach Bedarf finden zunehmend auch Zweitabnehmerkontrollen statt.

Gemischte Kunststoffabfälle aus Haushalten sind deutlich weniger heterogen als Elektroaltgeräte (EAG) und enthalten kaum Schadstoffe (Abbildung 1 und 2). Schadstoffhaltige Fehlwürfe (z.B. EAG) oder unerwünschte Kunststoffe (z.B. PVC) können in den Sortier- und Recyclingprozessen gut ausgeschleust werden. Aus diesem Grund sind die Anforderungen des VSPR deutlich schlanker gehalten als der CENELEC-Standard (EN 50625).



Abb. 1: Sammelsäcke mit gemischten Kunststoffabfällen aus Haushalten. Quelle: dss+

Abb. 2: Sortenreine High-Density-Polyethylen(HDPE)-Kunststoffe. Quelle: dss+

### Das Monitoringsystem nimmt Fahrt auf

Im Jahr 2023 feierte der VSPR sein zehnjähriges Bestehen. Seit der Pilotzertifizierung sind vier weitere Systeme hinzugekommen und erfolgreich lizenziert worden<sup>17</sup>. Dazu gehört auch das System von EPS Recycling Schweiz, das schweizweit EPS (expandiertes Polystyrol oder Styropor) und XPS (extrudiertes Polystyrol) aus Haushalten, aber auch von Bau und Gewerbe sammelt und recycelt.

Die Sammelmengen von gemischten Kunststoffabfällen sind von rund 5300 Tonnen im Jahr 2019 auf knapp 9500 Tonnen im Jahr 2022 angestiegen (Abbildung 3). Schweizweit sind rund 900 Gemeinden in 23 Kantonen an ein Sammelsystem angeschlossen. Somit haben bereits über 4.8 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner die Möglichkeit, ihre Kunststoffe zu sammeln und wiederzuverwerten. Von der gesammelten und behandelten Menge werden rund 53% stofflich verwertet, der Rest wird in Zementwerken oder Kehrichtverbrennungsanlagen thermisch verwertet<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> <https://www.plasticrecycler.ch/label/>

<sup>18</sup> [https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2023/07/Monitoringbericht\\_VSPR\\_2022\\_DE.pdf](https://www.plasticrecycler.ch/wp-content/uploads/2023/07/Monitoringbericht_VSPR_2022_DE.pdf)

### Sammelungen Kunststoffabfälle

Werte in Tonnen und aufgeschlüsselt nach Kanton

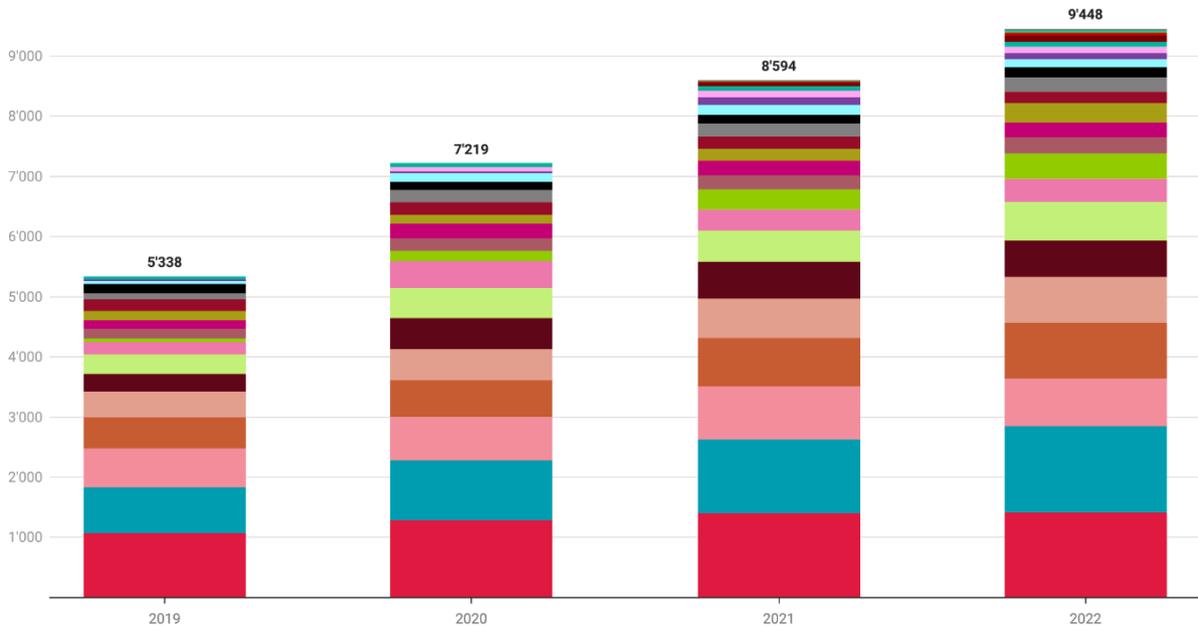


Abbildung 3: Gesammelte Mengen an gemischten Kunststoffabfällen aus Haushalten der lizenzierten Sammelsysteme, aufgeschlüsselt nach Kantonen. Quelle: dss+ Erstellt mit Datawrapper

Abb. 3: Gesammelte Mengen an gemischten Kunststoffabfällen aus Haushalten der lizenzierten Sammelsysteme, aufgeschlüsselt nach Kantonen. Quelle: dss+

Trotz dieser Erfolge gibt es noch viel zu tun. Die Sammelquote der lizenzierten Systeme, bezogen auf das geschätzte Gesamtaufkommen an Kunststoffabfällen aus Haushalten in der Schweiz, lag im Jahr 2022 bei rund 5%. Es besteht also noch ein grosses, unausgeschöpftes Potenzial zur Erhöhung der Sammelquote. Bei der Industrierückführungsquote, d.h. dem Verhältnis der stofflich verwerteten Menge im Verhältnis zu den in die Verarbeitung eingebrachten Mengen, setzt der VSPR strenge Massstäbe. Er fordert bis 2025 eine Erhöhung der Quote auf 55% und langfristig eine Erhöhung auf 70%. Zudem müssen seit diesem Jahr die Materialreste aus der Behandlung von Kunststoffabfällen, die nicht stofflich verwertet werden können, für die energetische Verwertung in die Schweiz zurückgeführt werden. Dies erleichtert die transparente Rückverfolgung dieser Stoffströme erheblich.

### Fazit

Die Zertifizierung von gemischten Kunststoffsammlungen und deren Berichterstattung stellt in der Schweiz ein Novum dar. Das erfolgreich aufgebaute freiwillige Monitoringsystem zeigt, dass die erarbeiteten Instrumente für eine nachhaltige und transparente Messkultur in der Kunststoff-Landschaft Schweiz funktionieren und bei Behörden wie auch in der Bevölkerung Vertrauen und Sicherheit schaffen.

[Zum Beitrag](#)

## 15 Recycling von Kunststoffabfällen aus Elektro- und Elektronikaltgeräte

### Einblicke in die jüngsten Entwicklungen

Autor: Arthur Haarman, Mitglied der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling dss+

**Kunststoffe machen im Durchschnitt 25 % des Gewichts von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) aus. Ihr Recycling stellt einen wesentlichen Beitrag zum Umweltnutzen des EAG-Recyclings dar und ist oft notwendig, um die vorgegebenen Recyclingziele zu erreichen. Allerdings sieht sich die EAG-Kunststoffrecyclingbranche mit schwierigen Marktbedingungen und herausfordernden rechtlichen Entwicklungen konfrontiert.**

#### Die Vorteile des EAG-Kunststoffrecyclings

Durch das Recycling von Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten können beträchtliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielt werden. Laut einer aktuellen LCA-Studie von DSS+, die im Auftrag eines europäischen EAG-Recyclingunternehmens durchgeführt wurde, kann mit jeder Tonne Kunststoff, die aus Elektro- und Elektronikaltgeräten recycelt wird und Neuware ersetzt, der Ausstoss von 1,5 bis 4 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e) vermieden werden (je nach Polymer, siehe Abbildung 1). Umgerechnet auf die Schweiz könnten mit dem Recycling von Kunststoffen aus schweizerischen Elektro- und Elektronikaltgeräten etwa 45'000 Tonnen CO<sub>2</sub>e eingespart werden. Im Vergleich dazu zeigen die Zahlen aus dem Fachbericht 2023, dass das Recycling von Stahl aus Schweizer Elektro- und Elektronikaltgeräten CO<sub>2</sub>-Einsparungen von rund 30'000 Tonnen CO<sub>2</sub>e ermöglicht.

Das Recycling von Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten bietet nicht nur bedeutende ökologische Vorteile, sondern ist auch ein Schlüsselfaktor für die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Elektroniksektor. Für die meisten EAG-Kategorien ist das Recycling von Kunststoffen notwendig, um die Zielvorgaben für das EAG-Recycling zu erreichen. Diese Tatsache wird durch die zu beobachtende Substitution von Metallen durch Kunststoffe in vielen Bauteilen noch verstärkt.

Die Kunststofftypen, die in Elektro- und Elektronikgeräten verwendet werden, unterscheiden sich stark von denen, die zum Beispiel in Verpackungen eingesetzt werden. In diesen Geräten finden sich hauptsächlich hochwertige technische Kunststoffe, die zu hochwertigen Rezyklaten recycelt werden können. Diese Rezyklate können wiederum in Elektro- und Elektronikgeräten oder anderen anspruchsvollen Anwendungen wiederverwendet werden.

In Europa gibt es mehr als 40 Unternehmen, die sich auf das EAG-Kunststoffrecycling spezialisiert haben. Aber kein einziges befindet sich in der Schweiz, da die Mengen zu gering sind. Daher müssen alle EAG-Kunststoffe für das Recycling aus der Schweiz exportiert werden. LCA-Studien zeigen jedoch, dass die Auswirkungen des Transports sehr gering sind

(etwa 1 % der Gesamtemissionen im Zusammenhang mit dem Recyclingprozess, wenn man von 250 km Transportweg zur Recyclinganlage ausgeht)<sup>19</sup>.

### CO<sub>2</sub>-Fussabdruck der Primär- und Sekundärproduktion von Kunststoffen

Werte in tCO<sub>2</sub>eq/t

■ Neuproduktion ■ Recycling (from WEEE)

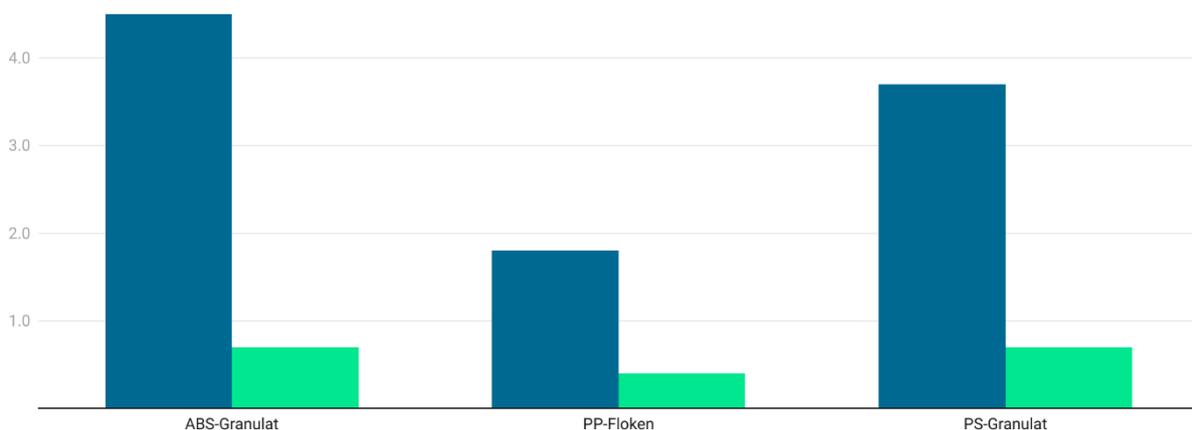


Abbildung 1 / Quelle: von dss+ durchgeführte Ökobilanzstudie  
Created with Datawrapper

Abb. 1: Quelle von dss+ durchgeführte Ökobilanzstudie

### Herausforderungen für das EAG-Kunststoffrecycling

Trotz der vielen oben genannten Vorteile steht die EAG-Kunststoffrecyclingbranche derzeit vor einer Reihe von Herausforderungen. Erstens berichten die EAG-Kunststoffrecycler, dass die Nachfrage nach recycelten Kunststoffen im Jahr 2023 zurückgegangen ist, was auch zu einem Rückgang der Rezyklatpreise geführt hat. Diese Entwicklung in Verbindung mit den hohen Energiepreisen hat sich negativ auf die Rentabilität des EAG-Kunststoffrecyclings ausgewirkt.

Zweitens erreicht diese Unternehmen nur ein Bruchteil der Gesamtmenge, nämlich 0,4 Millionen Tonnen der insgesamt 2,6 Millionen Tonnen EAG-Kunststoffe, die jedes Jahr in Europa anfallen (Abbildung 2). Für diese grosse Diskrepanz sind hauptsächlich zwei Faktoren verantwortlich: Erstens wird nur etwa die Hälfte aller in Europa anfallenden EAG im Rahmen von Rücknahmesystemen getrennt gesammelt. Zweitens werden, wenn EAG gesammelt und einer Vorbehandlungsanlage zugeführt werden, die Kunststofffraktionen häufig verbrannt (oder sogar auf Deponien entsorgt) oder zum kostengünstigen Recycling ausserhalb Europas exportiert, was mit erheblichen Gesundheits- und Umweltrisiken verbunden ist.

<sup>19</sup> <https://www.mgg-recycling.com/wp-content/uploads/LCA-MBA-Polymers-Austria.pdf>

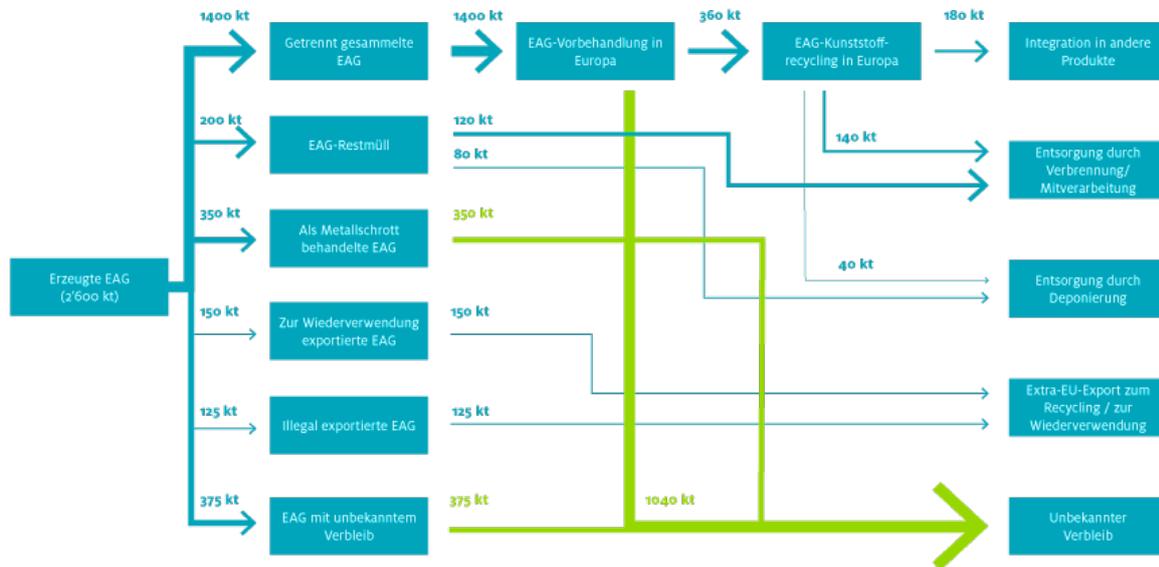


Abbildung 2: Geschätzter Verbleib von EAG-Kunststoffen in Europa. Quelle: <https://www.consultdss.com/content-hub/bfr-impact-weee-plastics-recycling-report>

Abb. 2: Geschätzter Verbleib von EAG-Kunststoffen in Europa. Quelle: <https://www.consultdss.com/content-hub/bfr-impact-weee-plastics-recycling-report>

Und letztendlich zeigt sich die europäische EAG-Kunststoffrecyclingbranche sehr besorgt über den jüngsten Vorschlag der POP-Sachverständigengruppe der Europäischen Kommission im Hinblick auf die unbeabsichtigte Spurenverunreinigung (Unintentional Trace Contamination, UTC) von polybromierten Diphenylethern (PBDEs)<sup>20</sup> in Stoffgemischen und Erzeugnissen<sup>21</sup>. Dieser Grenzwert ist derzeit auf 500 ppm (0,05 %) festgelegt. Das bedeutet, dass recycelte Kunststoffe weniger als 500 ppm enthalten müssen, um auf den Markt gebracht werden zu können. Dies ist bereits ein sehr niedriger Grenzwert, wenn man bedenkt, dass PBDE in der Vergangenheit in Konzentrationen von bis zu 200'000 ppm (20 %) verwendet wurden. Recycler, die in der Lage sind, bromierte Kunststoffe mit Hilfe von Techniken zu entfernen, die auf der Dichte basieren, können diesen Grenzwert jedoch erreichen. Die POP-Sachverständigengruppe hat nun zwei Ansätze vorgeschlagen, um diesen Grenzwert weiter zu senken:

- Einen «Ansatz zur Schaffung eines PBDE-freien Marktes für Verbraucherprodukte», der einen Grenzwert von 10 ppm für «Produkte, die von der Allgemeinheit genutzt werden können», also eine sehr breite Produktkategorie, vorschlägt. Dieser Ansatz würde den Markt für recycelte Kunststoffe aus EAG drastisch verkleinern.

<sup>20</sup> Art von bromierten Flammschutzmitteln, die seit den 1970er-Jahren zur Erfüllung von Brandschutzanforderungen in EAG verwendet werden und deren Verwendung seit Anfang der 2000er-Jahre aufgrund von Bedenken und Beschränkungen wegen ihrer Persistenz, ihres Bioakkumulationspotenzials und ihrer Toxizität zurückgegangen ist. Die weltweite Produktion erreichte 2003 ihren Höhepunkt und lag 2019 bei Null. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b07032>

<sup>21</sup> <https://euric-aisbl.eu/images/Press-releases/Statements/JOINTstatementpops.PDF>

- Einen «Ansatz, der das Recycling berücksichtigt», und eine Reduzierung auf 350 ppm im Jahr 2026 und 200 ppm im Jahr 2028 für Rezyklate vorschlägt. Dieser Ansatz sieht auch einen spezifischen Grenzwert für Stoffgemische und Erzeugnisse aus PBDE-haltigen Rezyklaten vor: 250 ppm bei Annahme, 175 ppm ab 2026 und 100 ppm ab 2028. Dieser Vorschlag sieht also einen maximalen Rezyklatgehalt von 50 % vor, obwohl es viele Beispiele für Produkte mit 100 % recyceltem Kunststoffanteil gibt.

Die Recyclingbranche spricht sich dafür aus, den Grenzwert von 500 ppm bis 2030 beizubehalten und ihn dann auf 200 ppm zu senken. Die Branche argumentiert, dass dieser Ansatz einen klaren Zeitrahmen vorgibt, der Investitionen in die Modernisierung und den Ausbau der bestehenden Recyclinginfrastruktur ermöglicht und gleichzeitig die sachgemässe Entsorgung und Beseitigung von PBDE in den eingehenden Kunststoffströmen von EAG gewährleistet.

### **Fazit**

Seit vielen Jahren wird über den angemessenen Grenzwert für PBDE in EAG diskutiert. Die Debatte ist Ausdruck eines zentralen Dilemmas zwischen dem Streben nach einer kohlenstoffarmen Kreislaufwirtschaft und der Sicherstellung der schrittweisen Abschaffung giftiger Stoffe. Aufgrund langer Produktlebensdauern und technischer Herausforderungen bei der Abfallsortierung ist es unvermeidlich, dass selbst nach dem Verbot eines Stoffes Rückstände davon in recycelten Materialien vorhanden sind. Es obliegt grundsätzlich der Politik, einen angemessenen Grenzwert festzulegen. Dies sollte jedoch auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse geschehen, um die Umwelt- und Gesundheitsrisiken zu minimieren und gleichzeitig den ökologischen Nutzen des Recyclings zu maximieren.

[Zum Beitrag](#)

## Porträt Autor:innen 2024

### **Isabelle Baudin**

Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Isabelle Baudin arbeitet seit 2008 als wissenschaftliche Mitarbeiterin beim BAFU in der Abteilung Abfall und Rohstoffe mit verschiedenen Schwerpunkten im Bereich der Kreislaufwirtschaft. Als diplomierte Medieningenieurin FH bildete sie sich in Umwelttechnik und Management weiter und schloss an der FHNW mit dem MAS ab. Am BAFU leitet sie Projekte im Bereich Siedlungsabfall, Elektroschrott (VREG und Vollzugshilfe zum Stand der Technik), Elektronik in Altfahrzeugen, Wiederverwendung und Optimierung der Rückgewinnung von seltenen Technologiemetallen. Neben nationalen Themen vertritt Isabelle Baudin die Schweiz in verschiedenen Arbeitsgruppen der Basel Convention (Expert Working Group on E-Waste and PACE II). Weitere Auslandserfahrung sammelte sie 2011 während eines Empa-Projektes zur umweltgerechten Entsorgung von Elektroschrott in Peru.

### **Andreas Bill**

Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Andreas Bill schloss seinen Master in Energiemanagement 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.

### **Heinz Böni**

Leiter Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

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

### **Anahide Bondolfi**

TK SENS, Abeco GmbH

Anahide Bondolfi schloss ihren Bachelor in Biologie sowie einen Master in Umwelt-naturwissenschaften 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 Umwelt-beraterin und Projektmanagerin in zwei Schweizer Umweltberatungsfirmen, zuerst bei LeBird in Prilly und dann bei Sofies in Genf. Im Januar 2017 gründete sie die Abeco Sàrl. Seit 2015 ist sie Mitglied der Technischen Kommission von Swico / SENS. Sie führt beinahe die Hälfte aller Audits der Zerlegebetriebe von Swico und SENS durch. Seit 2016 auditiert Anahide Bondolfi auch mehrere SENS Recycler und Sammelstellen.

### **Manuele Capelli**

Swico Konformitätsbewertungsstelle SN EN 50625, Empa

Manuele Capelli studierte Umweltnaturwissenschaften sowie Management, Technology, and Economics (MTEC) an der ETH Zürich. Durch ein Hochschulpraktikum am World Resources Forum (WRF) 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 Arbeit umfasst Projekte zur Kreislaufwirtschaft und zu Recycling-systemen und die Unterstützung von Projekten zum Aufbau von Elektroschrottreycling-systemen in Entwicklungs- und Schwellenländern. Er ist Mitglied der TK Swico und führt seit 2022 Audits durch.

### **Flora Conte**

TK SENS, Carbotech AG

Flora Conte schloss ihren Master in Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich mit Schwerpunkt Biogeochemie und Schadstoffdynamik ab. Seit 2013 arbeitet sie in der Abteilung Umweltberatung von Carbotech AG. Sie leitet verschiedene Projekte auf nationaler und internationaler Ebene in den Bereichen erneuerbare Energien, Recycling oder Entrepreneurship. Seit 2015 ist sie Mitglied der TK Swico/SENS und Auditorin für Zerlegebetriebe und Sammelstellen von SENS und Swico. Seit 2016 auditiert Flora Conte SENS Recycler. Sie ist nicht nur als Umweltberaterin tätig, sondern engagiert sich auch in einer Non-Profit-Organisation für den Zugang zu Solarenergie in Entwicklungsländern.

### **Fabian Elsener**

Carbotech AG

Fabian Elsener schloss sein Bachelorstudium in Wirtschaftsingenieurwesen an der Ostschweizerfachhochschule in Rapperswil ab. Sein Masterstudium absolvierte er in Umwelt und natürliche Ressourcen mit Vertiefung Ökotechnologie und Ökobilanzierung an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaft in Wädenswil. Er arbeitet als Projektleiter in der Abteilung Umweltberatung der Carbotech AG und ist zuständig für das Fachgebiet Mechatronik. Seine Schwerpunkte sind Ökobilanzberechnungen von mechatronischen Produkten, Recyclingsystemen und Verpackungen.

### **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.

### **Urs Gerig**

Recyclingpartner, Immark AG

Nach einer technischen Grundausbildung und mehreren Jahren auf dem erlernten Beruf erlangte Urs Gerig im Jahr 2001 das Diplom zum eidg. technischen Kaufmann. Anfang 2002 wechselte er in die Recyclingbranche zu RUAG Environment AG und war für die Dispo, Notifikationen und Abrechnungen zuständig. Ab 2005 übernahm er die Verantwortung für die Qualitäten und wechselte 2007 in die Produktionsleitung. Er begleitete jeweils die Audits – im Haus und bei den Zerlegebetrieben – sowie Batchversuche und Leistungstests der Kühlgeräte rückproduktion. Auch war er unter anderem Logistik- und Projektleiter. Nach der Übernahme der RUAG durch Immark AG und der Arbeitsplatzverlagerung von Schattdorf ist er seit November 2023 für alle Zerlegebetriebe von Immark AG verantwortlich.

### **Roger Gnos**

Technische Kontrolle, Swico und TK-Mitglied

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

### **Arthur Haarman**

Mitglied der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling dss+

Arthur Haarman schloss sein Studium in Industrial Ecology an der Delft University of Technology ab. Sein Einstieg in die Elektroschrottwelt begann 2014 mit einem sechsmonatigen Mandat in Indien, wo er den Verbleib von bromierten Kunststoffen im informellen Sektor untersuchte. Danach war er vier Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Empa tätig, wo er mehrere Projekte zum Elektroschrottmanagement leitete. Bei der Empa war er auch Mitglied der Technischen Kommission Swico. Im Jahr 2019 wechselte er zum Umweltberatungsbüro Sofies, das 2021 von dss+ übernommen wurde. Als Senior Consultant bei dss+ unterstützt er verschiedene Kunden bei der Erreichung ihrer Kreislaufwirtschaftsziele, insbesondere im Elektroniksektor. Er hat als Co-Lead die technische Kontrollstelle für das VSPR-Monitoringsystem aufgebaut und ist seit Anfang 2024 (wieder) Mitglied der Technischen Kommission Swico, wo er als Lead Auditor tätig ist.

### **Sabine Krattiger**

Recyclingpartner, Immark AG

Sabine Krattiger ist seit 1992 in der Elektronikrecyclingbranche tätig. Seit 2009 ist sie Geschäftsführerin der Immark AG, dem Schweizer Marktführer für die Entsorgung und das Recycling von ausgedienten Elektro-, Elektronik- und Kühlgeräten. Sie ist Vorstandsmitglied verschiedener Organisationen im Recyclingbereich, wie dem Fachverband VREG Geräte-Entsorgung, dem R-Suisse und der EERA sowie Mitglied des Beirats Umweltforschung des BAFU. Sabine Krattiger begann ihre berufliche Laufbahn mit einer betriebswirtschaftlichen Grundausbildung, gefolgt von Aus- und Weiterbildungen in Human Resources, Marketing und einem NDS HF in Management und Leadership sowie einem CAS Verwaltungsrat.

### **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 der 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.

### **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.

### **Thekla Scherer**

TK SENS, IPSO ECO AG

Thekla Scherer studierte an der ETH Zürich Umweltnaturwissenschaften. Nach dem Studium arbeitete sie zehn Jahre in einem Ingenieurbüro mit dem Hauptfokus auf Luftreinhaltung und Energie. Seit 2016 arbeitet sie bei der IPSO ECO AG in Rothenburg. Sie erstellt dort als Projektleiterin Umweltverträglichkeitsberichte und ist dazu als Umweltbaubegleiterin auf Baustellen unterwegs. Als Allrounderin deckt sie ein grosses Spektrum von Umweltthemen ab, so z. B. die Themen Abfälle, umweltgefährdende Stoffe und Entsorgung. Seit 2021 ist sie Mitglied der TK von SENS und Auditorin mit Spezialisierung auf Kühlgeräterecyclingbetriebe.

### **Marius Schlegel**

Mitglied Swico Innovationsfonds

Marius Schlegel arbeitet seit 2012 bei Swisscom und ist Stellvertretender Leiter Corporate Responsibility. Er verantwortet die Kreislaufwirtschaftsprogramme mit Fokus Lebensdauererweiterung von Endkundengeräten. Er ist zudem Gastdozent für Corporate Responsibility an der ZHAW. Marius Schlegel hat einen Master in Geografie mit Fokus Umwelt-, Ressourcen- und Verkehrsökonomie. Ab 1999 arbeitete er in der Strategieberatung bei BHP, von 2006 bis 2012 als Leiter Nachhaltigkeit bei der Axpo. Seit April 2019 ist er Mitglied des Swico Recycling Boards.

### **Esther Thiébaud**

Leiterin der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling dss+

Nach der Ausbildung zur Umweltingenieurin an der ETH Zürich arbeitete Esther Thiébaud als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Empa in Forschungs- und Umsetzungsprojekten im Bereich Elektronikschrott. Diese Tätigkeiten verband sie mit einer Dissertation an der TU Clausthal. Sie war von 2010 bis 2017 Kontrollexpertin von Swico und zuständig für die Kontrolle der Stoffflussdaten. Seit ihrem Wechsel zum Umweltberatungsbüro Sofies, das 2021 von dss+ übernommen wurde, konzipiert und leitet sie als Senior Consultant Projekte in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, Politikentwicklung und Herstellerverantwortung. Sie hat im Co-Lead die technische Kontrollstelle für das VSPR-Monitoringsystem aufgebaut und per Anfang 2024 die Leitung der Technischen Kontrollstelle von Swico Recycling übernommen.

### **David Wampfler**

E-Waste Manager und Standortleiter Moudon / Groupe BAREC

David Wampfler ist in einer Recycling-Familie aufgewachsen und lernte so schon früh das Handwerk des Recyclings kennen. Seit 2004 arbeitet er in der Recycling-Branche und hat u.a. die Ausbildung zum Recyclisten abgeschlossen. Er sammelte Erfahrungen in den Bereichen Fe- und Ne-Metalle, Elektro- und Elektronikschrott, Verarbeitungs- und Aufbereitungsprozesse, sowie im Handel. Auch hat er sich stetig weitergebildet, vor allem im Metallurgie- und Umweltbereich und dozierte Auszubildende, sowie Mitarbeitende der Recycling-Branche. Seit 2021 ist er Mitarbeiter der Groupe BAREC bei Thévenaz-Leduc SA, verantwortlich für E&E Schrott und die Verarbeitung Hg- und LED-haltiger Leuchtmittel und Flachbildschirme, sowie FVG-Vertreter bei R-Suisse.

[Zum Beitrag](#)

## Links und Impressum

### Kontakt

#### **SENS eRecycling**

##### **Stiftung SENS**

Obstgartenstrasse 28

8006 Zürich

+41 43 255 20 00

[info@eRecycling.ch](mailto:info@eRecycling.ch)

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

#### **SENS Konformitätsbewertungsstelle EN SN 50625 Serie**

##### **Koordination TK SENS**

Roman Eppenberger

Obstgartenstrasse 28

8006 Zürich

+41 43 255 20 09

[roman.eppenberger@sens.ch](mailto:roman.eppenberger@sens.ch)

#### **Swico Recycling**

Lagerstrasse 33

8004 Zürich

+41 44 446 90 94

[info@swicorecycling.ch](mailto:info@swicorecycling.ch)

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

#### **Swico Konformitätsbewertungsstelle EN SN 50625 Serie**

##### **Technische Kontrollstelle Swico**

dss+

Esther Thiébaud

Zürich, Switzerland

+41 79 213 03 01

[esther.thiebaud@consultdss.com](mailto:esther.thiebaud@consultdss.com)

## Nationale Links

[eRecycling.ch](https://www.eRecycling.ch)  
[swicorecycling.ch](https://www.swicorecycling.ch)

[bafu.admin.ch](https://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.

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

Die Forschungsstelle des ETH-Bereichs für Materialwissenschaften und Technologie, Empa, ist seit Beginn der Recyclingaktivitäten von Swico bis Ende 2023 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.

[swissrecycle.ch](https://www.swissrecycle.ch)

Swiss Recycle ist der Dachverband der Schweizer Recycling-Organisationen und das Kompetenzzentrum für Recycling und Kreislaufwirtschaft in der Schweiz.

## Internationale Links

[basel.int](https://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.

[step-initiative.org](https://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.

[weee-europe.com](https://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.

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

Das WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) ist der europäische Verband von 36 Systemen zur Sammlung und zum Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

## Kantone mit delegiertem Vollzug

[www.afu.sg.ch](http://www.afu.sg.ch)

Auf der Website des Amtes für Umwelt und Energie St. Gallen finden sich allgemeine Infos, Merkblätter zu einzelnen Themen sowie unter «Umwelt Infos» und «Umwelt Facts» Informationen zu aktuellen Themen.

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

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

[www.awel.zh.ch](http://www.awel.zh.ch)

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

[www.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.uwe.lu.ch](http://www.uwe.lu.ch)

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

[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.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 Infos zum Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

[www.zg.ch/afu](http://www.zg.ch/afu)

Auf der Website des Amtes für Umweltschutz des Kantons Zug finden sich unter «Abfallwirtschaft» allgemeine Informationen und Merkblätter zum Thema Abfall. Detaillierte Informationen zur Sammlung der Wertstofffraktionen sind beim Zweckverband der Zuger Einwohnergemeinden für die Bewirtschaftung von Abfällen (ZEBA) unter [zebazuq.ch](http://zebazuq.ch) abrufbar.

**Herausgeberin**

SENS eRecycling,  
Swico

Der Fachbericht erscheint in Deutsch, Französisch und Englisch. Seit 2024 in rein digitaler Form unter [www.fachbericht.ch](http://www.fachbericht.ch).

Konzept, Grafik:  
SENS eRecycling

© 2024 SENS eRecycling, Swico