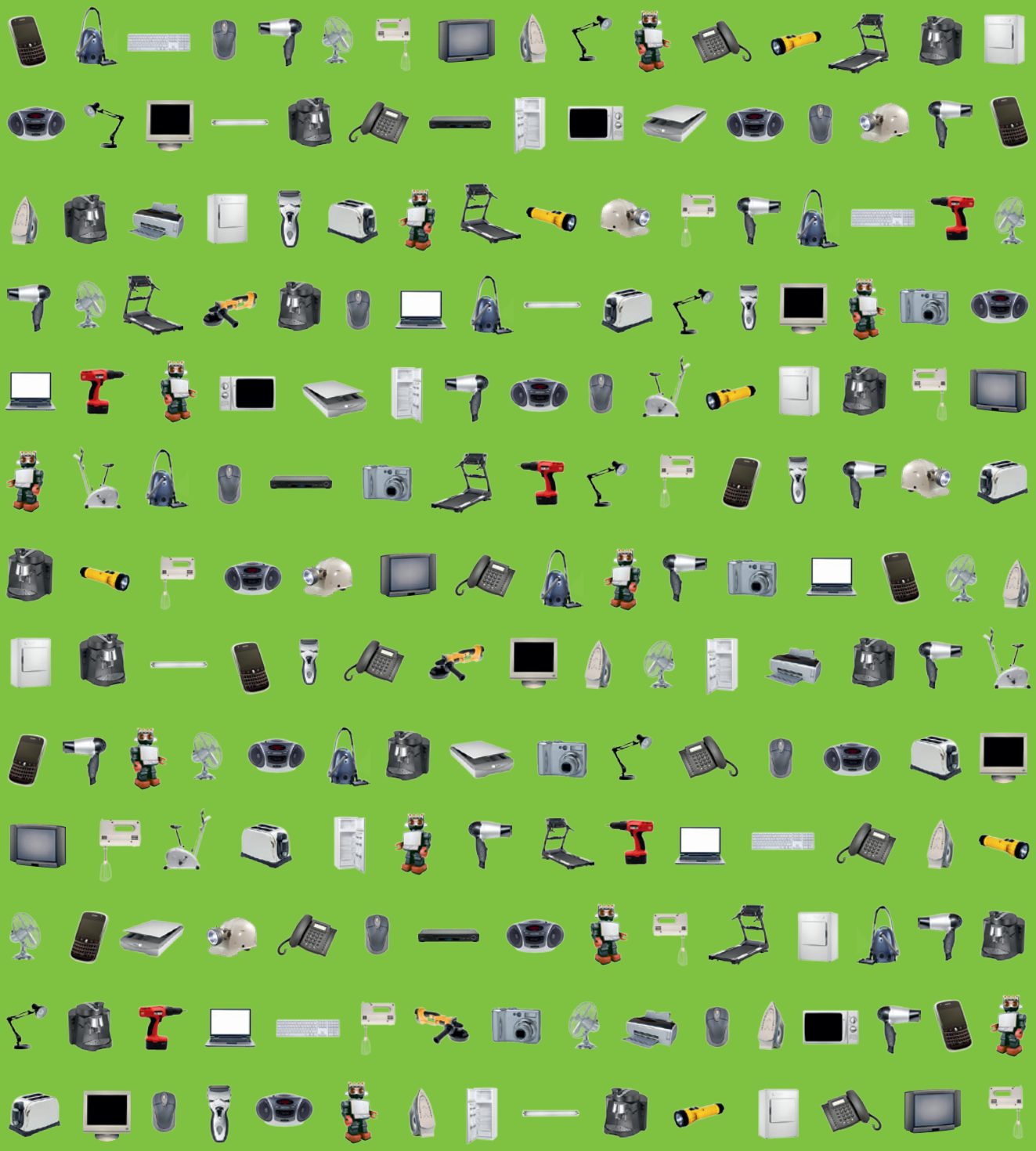
# 2011

**Fachbericht**
**SENS, SWICO Recycling und SLRS**



# Inhaltsverzeichnis


| | |
|---|---|
| Ein weiterer Meilenstein in der Zusammenarbeit | **4** |
| Umweltgerechtes Recycling sichergestellt | **5** |
| SENS, SWICO Recycling, SLRS: Kompetent und nachhaltig | **6** |
| Zunehmende Menge an zurückgewonnenen Rohstoffen | **8** |
| Zunahme der Verwertung bei Flachbildschirmen | **14** |
| Steigende stoffliche Verwertung von Kunststoffen | **16** |
| Goldgrube Mobiltelefon | **17** |
| Europaweite Vereinheitlichung der Recyclinganforderungen | **20** |
| Nachhaltige Zusammenarbeit | **22** |
| Batterien und Kondensatoren: Gewusst wie viel | **26** |
| Dem Quecksilber auf den Grund gegangen | **29** |

# Ein weiterer Meilenstein in der Zusammenarbeit

SENS, SWICO Recycling, und SLRS (Stiftung Licht Recycling Schweiz), die drei Schweizer Recyclingsysteme im Bereich der elektrischen und elektronischen Geräte sowie der Leuchtmittel und Leuchten, bauen ihre bewährte Zusammenarbeit systematisch weiter aus. Bereits seit einigen Jahren führen SWICO Recycling und die SENS die technischen Kontrollen bei den Recyclingbetrieben gemeinsam durch. Im Jahre 2008 war die Kooperation mit der Bildung einer gemeinsamen Technischen Kommission intensiviert worden. Diese Schritte bildeten eine Ergänzung zur bestehenden Zusammenarbeit zwischen SENS und SLRS. Denn als Vertragspartnerin der SLRS hat die SENS mit ihrem Rücknahme- und Recyclingsystem Sammlung, Transport, Recycling, Kontrolle und Reporting schon seit Jahren operativ umgesetzt. Ein weiterer Meilenstein beim Ausbau der Zusammenarbeit zwischen SWICO Recycling, SENS und SLRS folgte im Juni 2009, als die technischen Verarbeitungsvorschriften zusammengeführt und harmonisiert wurden. Das Bundesamt für Umwelt betrachtet diese technischen Verarbeitungsvorschriften heute als massgebenden Stand der Technik für die Verarbeitung von Elektro- und Elektronikgeräten sowie Leuchten und Leuchtmittel in der Schweiz.

Nun ist der nächste Schritt bei der Vertiefung der Kooperation zwischen den drei Organisationen erfolgt. Mit dem vorliegenden Bericht, der sich an eine technisch interessierte Leserschaft richtet, wird erstmals ein gemeinsamer Fachbericht von SWICO Recycling, SENS und SLRS publiziert. Der Fachbericht geht auf Themen ein, die von allen drei Organisationen bearbeitet werden, beleuchtet aber auch Aspekte, die jeweils nur ein Rücknahmesystem betreffen. Er gibt einen Überblick über die Schwerpunkte des vergangenen Jahres und nimmt Bezug auf aktuelle Thematiken.

Wir freuen uns, Ihnen den Fachbericht 2011 vorlegen zu dürfen. Dabei hoffen wir, dass diese gemeinsame Publikation von SWICO Recycling, SENS und SLRS auf reges Interesse stösst, und freuen uns über allfällige Rückmeldungen.

# Umweltgerechtes Recycling sichergestellt

**Die Sammlung von ausgedienten elektrischen und elektronischen Geräten sowie die Sicherstellung einer fachgerechten Verarbeitung sind ein wichtiges Anliegen der SENS und von SWICO Recycling. Die beiden unabhängigen Technischen Kontrollstellen von SWICO Recycling und SENS verfügen über eine gemeinsame Technische Kommission, in welcher die technischen Vorschriften und deren Umsetzung bei den Kontrollen koordiniert werden.**

Die wichtigsten Ziele der Stiftung SENS und von SWICO Recycling sind die Entfernung von schadstoffhaltigen Komponenten sowie eine möglichst vollständige Verwertung der Materialien aus ausgedienten elektrischen und elektronischen Geräten. Nur Materialien, die nicht mehr recycelt werden können, werden über eine thermische Verwertung entsorgt. Dabei stellt die gemeinsame Technische Kommission von SENS und SWICO Recycling mit den Kontrollen sicher, dass die Entsorgung fachgerecht und nach einheitlichen Grundsätzen erfolgt. Die kantonalen Kontrollen werden in den Kantonen Zürich, Aargau und Thurgau im Rahmen eines delegierten Vollzugs ebenfalls durch die Kontrollexperten von SWICO Recycling und SENS durchgeführt (vgl. Beitrag Seite 22).

**Fokus Schadstoffentfrachtung**

Um eine fachgerechte Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten durchgängig und effizient sicherzustellen, definiert die gemeinsame Technische Kommission die technischen Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten und die dazu erforderlichen Kontroll- und Berichtsysteme. Mit den jährlich stattfindenden Kontrollen wird sichergestellt, dass die Entsorgungsleistungen korrekt durchgeführt werden. Dabei überprüfen die Kontrollexperten insbesondere auch die Nachweise der Stoff- und Güterflüsse, die Schadstoffentfrachtung und die umweltverträgliche Entsorgung der Endprodukte. In den Protokollen wird die Erfüllung der technischen Vorschriften systematisch dokumentiert. Die notwendigen Korrekturmassnahmen werden als Pendenzen formuliert und es werden Fristen bis zu deren Erfüllung festgelegt. Diese muss vom Recyclingbetrieb dokumentiert werden, in einzelnen Fällen findet zudem eine Nachkontrolle vor Ort statt.

**International gefragte Expertisen**

Die Mitglieder der Technischen Kommission werden laufend weitergebildet. Ihr Wissen und ihre Expertise sind international gefragt. Aus diesem Grund nehmen die Mitglieder auch verschiedene Mandate in Arbeitsgruppen des europäischen Verbands der nationalen kollektiven Rücknahmesysteme (WEEE-Forum: siehe Bericht Seite 20) wahr. Um den gesamten Einsatz für fachgerechtes Recycling und umweltverträgliche Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten kosten- und zeitsparend gestalten zu können, koordiniert die Kommission ihre Arbeit regelmässig mit den restlichen Aktivitäten von SENS und SWICO Recycling.

**Enge Zusammenarbeit mit den Kantonen**

Seit 2006 haben einige Kantone (ZH, AG und TG) die gemäss Gesetz definierten Kontrollaufgaben weitestgehend an die Technische Kontrolle von SENS und SWICO Recycling delegiert. Dabei übernehmen die Kontrollexperten die umfassende Kontrolltätigkeit, wobei sich aufgrund der jährlich vorab abgestimmten Kontrolltermine jederzeit auch kantonale Fachvertreter vor Ort ein Bild machen können. Die zuhanden der Kantone erstellten Berichte dokumentieren einerseits den Status quo, andererseits kann so auch die Qualität und Quantität der Kontrollen übergreifend verglichen werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Schweiz bezüglich Recycling und Entsorgung weiterhin einen weltweiten Spitzenplatz belegt.

# SENS, SWICO Recycling, SLRS: Kompetent und nachhaltig

**Seit rund 20 Jahren stellen die drei Recyclingsysteme SENS, SWICO Recycling und SLRS die Rücknahme, das Recycling und die fachgerechte Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten sicher. Die wachsenden Rücknahmemengen zeugen vom Erfolg der Arbeit der drei Systeme.**

Das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten ist in der Schweiz auf drei Organisationen aufgeteilt. Diese Aufteilung hat historische Gründe, da in den Anfangsjahren des institutionalisierten Recyclings branchenspezifische Systeme aufgebaut wurden. Diese hatten zum Zweck, die Nähe zur jeweiligen Branche zu gewährleisten, um damit auf deren spezifische Bedürfnisse eingehen zu können. Dadurch konnten auch anfängliche Vorbehalte gegen die bis heute bestehende freiwillige Teilnahme an einem Rücknahmesystem abgebaut werden. Je nachdem, um welche Art von elektrischem oder elektronischem Gerät es sich handelt, ist heute entweder SWICO Recycling, die Stiftung SENS oder die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) für die Rücknahme und das Recycling zuständig.

Im Jahre 2011 wurden von den drei Systemen insgesamt 118'610 Tonnen[1)] ausgediente elektrische und elektronische Geräte entsorgt. Damit haben SWICO Recycling, SENS und SLRS auch bedeutend dazu beigetragen, dass wertvolle Ressourcen wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten. Mit der internationalen Vernetzung der drei Organisationen auf europäischer Ebene – beispielsweise als Mitglieder des WEEE-Forums (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) – helfen sie mit, auch grenzüberschreitend Massstäbe beim Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten zu setzen.

Die Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) verpflichtet Händler, Hersteller und Importeure, Geräte, die sie im Sortiment führen, gratis zurückzunehmen. Um ein nachhaltiges und umweltbewusstes Recycling von elektronischen und elektrischen Geräten wettbewerbsgerecht finanzieren zu können, wird bereits beim Kauf solcher Geräte eine vorgezogene Recyclinggebühr (vRG) erhoben. Die vRG ist ein effizientes Finanzierungsinstrument, welches gewährleistet, dass sich SWICO Recycling, SENS und SLRS der fachgerechten Bearbeitung ihres jeweiligen Gerätebereichs annehmen sowie den Herausforderungen der Zukunft stellen können.

**SWICO Recycling**

SWICO Recycling ist eine neutrale, nicht gewinnorientierte Kommission des Schweizerischen Wirtschaftsverbandes der Anbieter von Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik. Die Tätigkeit von SWICO Recycling hat zum Ziel, Rohstoffe zurückzugewinnen und Schadstoffe umweltgerecht zu entsorgen. Dabei liegt der Fokus von SWICO Recycling bei Geräten aus den Bereichen Informatik, Unterhaltungselektronik, Büro, Telekommunikation, grafische Industrie sowie Mess- und Medizinaltechnik, wie beispielsweise Kopierer, Drucker, Fernsehapparate, MP3- und MP4-Player, Handys, Fotokameras etc. Eine enge Zusammenarbeit mit der Empa, einer Forschungs- und Dienstleistungsinstitution für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung innerhalb des ETH-Bereichs, trägt entscheidend dazu bei, dass SWICO Recycling hohe und schweizweit einheitliche Qualitätsstandards bei allen Entsorgungsdienstleistungen garantieren kann.

[1)] Es handelt sich um die Menge gemäss den Stoffflussmeldungen der Recyclingbetriebe. Diese ist nicht gleichbedeutend mit der abgerechneten Menge gemäss den Geschäfts- respektive Jahresberichten von SENS und SWICO Recycling.

**Stiftung SENS**

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

Im Laufe des Jahres 2011 hat die SENS erreicht, dass die Menge an recycelten Kühl-, Gefrier- und Klimageräten um rund 6 % gewachsen ist und damit wie bereits im Vorjahr weiter zugenommen hat. Eine Sättigung beim Volumen der recycelten Kühlgeräte, wie 2009 noch vermutet wurde, lässt sich somit nicht feststellen. Die gesamte im SENS-System recycelte Menge ist im Jahr 2011 um 3 % weitergestiegen.

**Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS)**

Die grundsätzliche Systemverantwortung für Leuchten und Leuchtmittel trägt die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS). Die SLRS kümmert sich um die Organisation der flächendeckenden Entsorgung von Leuchtmitteln und Leuchten in der ganzen Schweiz. Für die Finanzierung dieser Aktivitäten verwaltet die SLRS je einen Fonds für Leuchtmittel und Leuchten, der sich aus der jeweiligen vRG speist. Ferner gehören die Schulung und Sensibilisierung der Marktteilnehmer in Bezug auf das Recycling von Leuchtmitteln und Leuchten sowie die Information aller Anspruchsgruppen zum Tätigkeitsbereich der SLRS. Im Jahr 2011 hat die SLRS 1’114 Tonnen an ausgedienten Leuchtmitteln verarbeitet. Die SLRS unterhält in allen Bereichen eine enge Partnerschaft mit der SENS. So setzt die SENS als Vertragspartnerin der SLRS mit ihrem Rücknahme- und Recyclingsystem nicht nur Sammlung und Transport, sondern auch Recycling, Kontrolle und Reporting im Bereich Leuchten und Leuchtmittel operativ um.

# Zunehmende Menge an zurückgewonnenen Rohstoffen

**Trotz eines schweizweiten Rückgangs bei der Sammlung und Verarbeitung von Haushaltgrossgeräten konnten die SENS und SWICO Recycling die Menge der recycelten E+E-Geräte auf stabilem Niveau halten. Insgesamt wurden rund 75 % der aus E+E-Geräten zurückgewonnenen Materialien stofflich verwertet.**

Jahr für Jahr geben die Recycler ihre Stoffflussdaten in eine detaillierte Stoffflussdatenbank ein, welche von der Empa kontrolliert und gepflegt wird. Anhand dieser Datenbank lässt sich die zeitliche Entwicklung des Recyclings von Elektro- und Elektronikgeräten (E+E-Geräte) in der Schweiz darstellen. Die Menge E+E-Geräte, welche im Jahr 2011 von den SENS- und SWICO-Recyclern verarbeitet wurden, hat im Vergleich zum Vorjahr kaum zugenommen → Tabelle 1 und → Abbildung 2. Diese Stagnation ist hauptsächlich auf den Rückgang von 10 % der gesammelten und verarbeiteten Haushaltgrossgeräte zurückzuführen. Die Menge an recycelten Elektrokleingeräten sowie Kühl-, Gefrier- und Klimageräten hat mit je 6 % wie schon im Vorjahr leicht zugenommen. Die Menge der verarbeiteten Elektronikgeräte (Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Unterhaltungselektronik) ist nach einem starken Wachstum im Jahr 2010 kaum mehr angestiegen, während die Leuchtmittelmenge weiterhin stabil blieb.

Die grösste Zunahme bei der Verarbeitung betrifft Geräte, welche nicht in den Listen der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) aufgeführt sind. Dabei handelt es sich um Geräte, welche in Industrie, Gewerbe oder in Spitälern verwendet werden. Der starke Anstieg geht auf eine Zunahme von Aufträgen aus der Industrie zurück, welche direkt zwischen den SENS- und SWICO-Recyclern und den Industriepartnern abgerechnet werden.

### Rohstoffgewinnung und Schadstoffverfrachtung

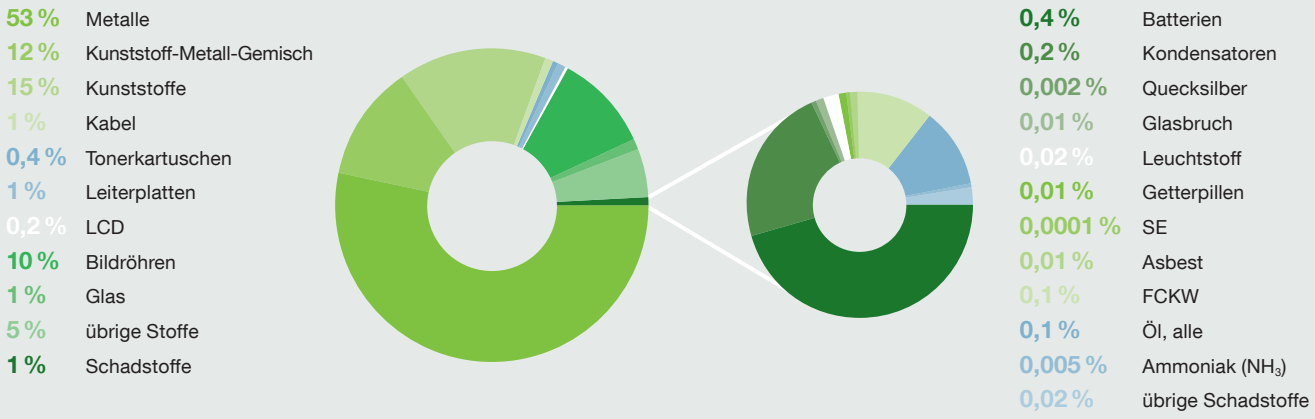
Während des Recyclingprozesses werden die Geräte manuell und maschinell in die verschiedenen Wertstoff- und Schadstofffraktionen aufgetrennt. Dabei spielen die manuellen Tätigkeiten trotz weitgehender Automatisierung eine wichtige Rolle. So werden besonders wertvolle wie auch schadstoffhaltige Geräteteile und Komponenten weiterhin von Hand aussortiert.

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

| Jahr | Elektro-grossgeräte | Kühl-, Gefrier- und Klimageräte | Elektro-kleingeräte | Elektronik-geräte | Leucht-mittel | Nicht-VREG-Geräte | Total Tonnen/Jahr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2000** | 9’600 | 6’900 | gesamt 19’800 | | | | 36’300 |
| **2001** | 9’600 | 6’700 | gesamt 17’500 | | | | 33’800 |
| **2002** | 5’600 | 6’400 | gesamt 22’300 | | | 300 | 34’600 |
| **2003** | 14’600 | 11’600 | 5’400 | 30’200 | | 800 | 62’600 |
| **2004** | 18’100 | 13’100 | 7’500 | 33’700 | | 1’800 | 74’200 |
| **2005** | 19’100 | 11’400 | 9’300 | 37’200 | 420[1)] | 1’900 | 79’320 |
| **2006** | 23’400 | 15’300[2)] | 10’700 | 41’800 | 1’100 | 4’200 | 96’500[2)] |
| **2007** | 26’100 | 14’500 | 12’300 | 42’500 | 1’110 | 2’900 | 99’410 |
| **2008** | 26’800 | 15’100 | 13’800 | 45’000 | 1’130 | 2’300 | 104’130 |
| **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 | 117’330 |
| **2011** | 27’800 | 16’800 | 16’300 | 51’400 | 1’110 | 5’200 | 118’610 |
| **Veränderungen gegenüber Vorjahr** | **–9 %** | **6 %** | **6 %** | **1 %** | **–2 %** | **49 %** | **1 %** |

[1)] 2005 sind lediglich fünf Monate seit Einführung der vorgezogenen Recyclinggebühr vRG am 1.8.05 erfasst.
[2)] 2006 wurden bei den Kühlgeräten zusätzlich zu den Haushaltgeräten neu 1’300 Tonnen Gewerbegeräte in die statistische Erhebung aufgenommen.

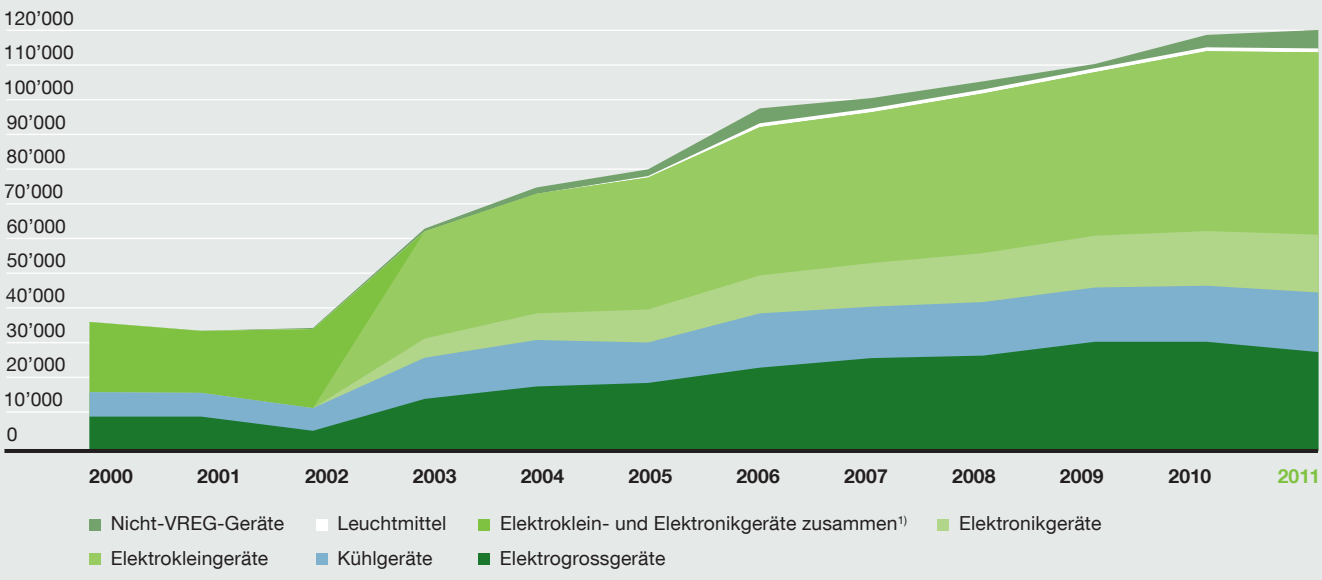
**Abbildung 1: Zusammensetzung der erzeugten Fraktionen in % im Jahr 2011**
Separat ausgewiesen sind die Schadstoffe, welche insgesamt nur 1% der erzeugten Fraktionen ausmachen.




→ Abbildung 1 zeigt die genaue Zusammensetzung der insgesamt 118'610 Tonnen an verarbeiteten Geräten. Diese bestehen hauptsächlich aus Metallen (53 %) und zu einem geringeren Teil aus Kunststoffen (15 %), Kunststoff-Metall-Gemischen (12 %) und Bildröhren aus alten Monitoren und Fernsehern (10 %). Die Leiterplatten (welche besonders wertvolle Stoffe beinhalten) sowie die Schadstoffe machen lediglich 1% der gesamten verarbeiteten Menge aus. Die Mengen der einzelnen Wertstofffraktionen haben sich im Vergleich zum Jahr 2010 nur wenig verändert.

Die vermeintlich geringe Menge an Schadstoffen (rund 1'800 Tonnen) in E+E-Geräten soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Schadstoffentfrachtung neben der Rohstoffgewinnung zu den wichtigsten Aufgaben eines SENS-SWICO-Recyclers gehört. Die Gesamtmenge an entfrachteten Schadstoffen ist im Vergleich zum Vorjahr konstant geblieben. Die Menge an Batterien und Kondensatoren hat um 22 bzw. 15 % zugenommen, was einerseits auf eine Zunahme von netzunabhängigen, batteriebetriebenen Geräten hinweist, andererseits aber auch eine Verbesserung der Schadstoffentfrachtung bedeutet. Ebenfalls stetig zugenommen hat in den letzten Jahren die Menge an entsorgtem Asbest, was die stetige Verbesserung der Aussortierung von asbesthaltigen Geräten bei den Recyclern unterstreicht. Deutlich abgenommen haben hingegen die Mengen an Quecksilber, Getterpillen und Selentrommeln. Ebenfalls eine leichte Abnahme verzeichnen FCKW und Öle.

**Abbildung 2: Entwicklung der verarbeiteten Gerätemenge in der Schweiz in Tonnen**




1) Bis 2002 wurden Elektroklein- und Elektronikgeräte gemeinsam erfasst.

**Kooperation mit dem Ausland**

Die Erstverarbeitung der Geräte findet mit wenigen Ausnahmen in der Schweiz statt. Die im Ausland verarbeitete Menge macht mit 1'700 Tonnen weniger als 1% der Gesamtmenge aus und betrifft Haushaltgrossgeräte, Kühlgeräte und Leuchtmittel. Diese werden in Liechtenstein, Deutschland bzw. Belgien verarbeitet. Auch Schadstoffe werden hauptsächlich in der Schweiz recycelt oder entsorgt; lediglich 300 Tonnen oder 17 % der gesamten Schadstoffmenge werden ins Ausland exportiert. Kondensatoren werden teilweise in Österreich in die Sondermüllverbrennung gebracht, quecksilberhaltiger Glasbruch aus dem belgischen Leuchtmittelrecycling wird in Belgien selbst entsorgt, während Flüssigbatterien sowie FCKW und Öl aus dem Kühlgeräterecycling teilweise in Deutschland entsorgt werden.

Viele der erzeugten Wertstofffraktionen können nicht in der Schweiz stofflich verwertet werden. Nach der Erstverarbeitung werden deshalb über 40 % (rund 50'000 Tonnen) direkt ins Ausland exportiert, vorwiegend in andere europäische Länder, jedoch auch bis nach Japan. Ein weiterer Teil, beispielsweise Metalle, gelangt über Schweizer Zwischenhändler ebenfalls ins Ausland, wobei diesbezüglich der Stoffflussdatenbank keine genauen Zahlen zu entnehmen sind. → Abbildung 3 zeigt, in welche Länder die Schweizer Recycler ihre Fraktionen direkt exportieren: Dabei gehen über 65 % der Exporte nach Deutschland, rund 20 % nach Österreich und rund 6 % nach Belgien. Auf alle übrigen Länder entfallen kleinere Mengen im Bereich von 0,1 bis 3 %.

In → Abbildung 4 sind die prozentualen Anteile der in die verschiedenen Länder exportierten Wertstofffraktionen dargestellt. Aufgrund der kurzen Transportdistanzen und der vielfältigen Recyclinginfrastruktur werden grosse Mengen verschiedener Fraktionen zur stofflichen Verwertung nach Deutschland exportiert. In Österreich, Belgien und Holland werden hauptsächlich Kunststoffe, daneben auch Metalle und Bildröhren, recycelt. Nach Schweden gehen vorwiegend Kunststoff-Metall-Gemische und Leiterplatten, wobei Letztere auch nach Deutschland und Österreich exportiert werden (jedoch im Vergleich zu den anderen Fraktionen nur in unbedeutenden Mengen). Diese wertvollen Fraktionen werden auch oft in der Schweiz weiterverkauft, bevor diese dann in spezialisierte Schmelzwerke in Deutschland, Belgien oder Schweden gelangen. Nach Liechtenstein, Japan, Italien und Frankreich werden verschiedene Metallfraktionen exportiert.

**Abbildung 3: Länder, in welche Fraktionen aus dem Schweizer E+E-Geräte-Recycling exportiert werden**

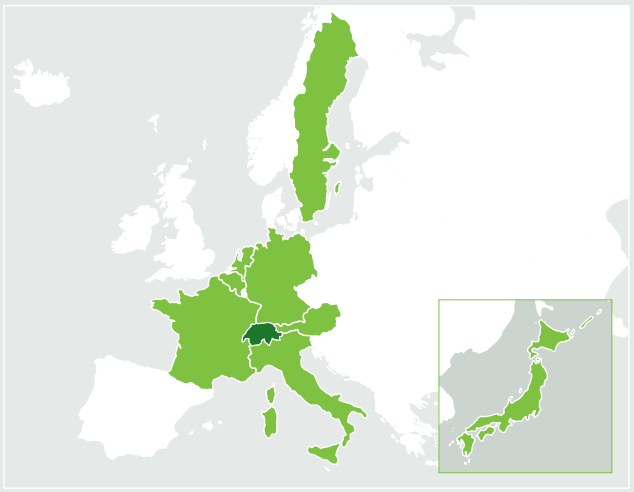
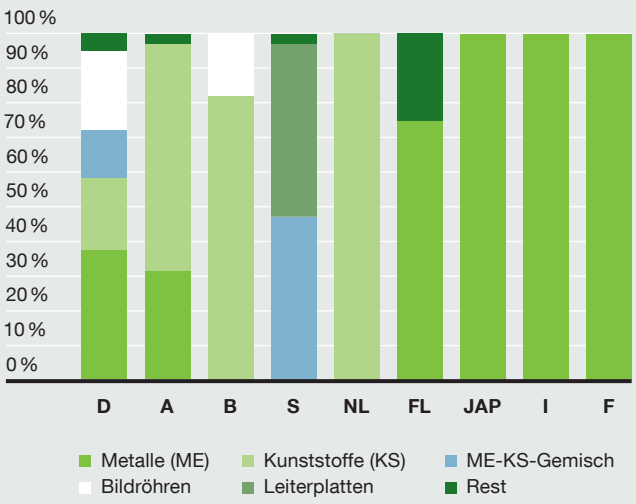


**Abbildung 4: Prozentuale Anteile der verschiedenen exportierten Fraktionen**



**Weiteres Steigerungspotenzial bei der Verwertung**

Insgesamt werden rund 75 % der aus E+E-Geräten zurückgewonnenen Materialien stofflich verwertet. Wie erwähnt bilden die verschiedenen Metallfraktionen, welche von den E+E-Geräte-Recyclern ohne weitere Aufbereitung direkt in den Metallhandel und weiter zu den Schmelzwerken gelangen, die grösste verwertbare Fraktion. Der Anteil an stofflich verwerteten Kunststoffen hat in den letzten Jahren stark zugenommen und beträgt im Jahr 2011 rund 70 % (siehe auch den Beitrag auf Seite 16). Hochwertige Kunststoff-Metall-Gemische werden im Ausland in aufwendigen Aufbereitungsverfahren in reine Metall- und Kunststofffraktionen aufgetrennt. Dadurch können die Metalle, in einigen Fällen auch die Kunststoffe, verwertet werden. Wie hoch die effektive Verwertungsquote ist, lässt sich anhand der bestehenden Datengrundlagen nicht bestimmen, da sich die Metall- und Kunststoffanteile je nach Erstverarbeitungsprozess stark unterscheiden. Weiter verwertet werden Glasfraktionen (Bildschirmglas, Flachglas und Recyclingglas aus Leuchtmitteln) sowie Kabel und Leiterplatten. Durch verbesserte mechanische Sortierprozesse sowie durch die gezielte Förderung der stofflichen Verwertung, beispielsweise von Kunststofffraktionen, kann die Verwertungsquote in Zukunft noch weiter gesteigert werden.

**Steigendes Recycling bei Kühlgeräten**

Insgesamt wurden 2011 in der Schweiz 16'800 Tonnen Kühl-, Gefrier- und Klimageräte recycelt. Das Volumen des Kühlgerätemarktes zeigt im Vergleich zum Vorjahr eine Steigerung um 6 %, was 1'000 Tonnen entspricht. Die 2009 vermutete Sättigung lässt sich somit noch nicht beobachten. Der Anteil der im Ausland verarbeiteten Geräte beträgt wie in Vorjahren konstante 3 %. 2011 standen vier Anlagen zur Verarbeitung von Geräten auf Stufe 1 (Absaugung der Kältemittel aus den Kompressoren) und Stufe 2 (Extraktion der Treibmittel aus dem PU-Isolationsschaum) zur Verfügung.

**Unterschiedliche Entwicklungen bei Geräten mit FCKW**

Der seit 2003 feststellbare und sich ständig fortsetzende Abwärtstrend bei den mit FCKW betriebenen Kompressoren ist in → Abbildung 5 dargestellt. Der Anteil FCKW-haltiger Kompressoren betrug 2011 noch 65 %. Entsprechend nahm der Anteil HC-haltiger Kompressoren zu (31 %). Da beim Ausstieg aus den FCKW-Kältemitteln eine Übergangslösung in Form von ozonunschädlichem FKW (R134a) zur Verfügung stand, setzte dieser Abwärtstrend später ein als bei den Treibmitteln in den PU-Isolationsschäumen. Die ammoniakhaltigen Absorber-Kältesysteme machen weiterhin einen Anteil von 4 % aus.

Der Rückgang der FCKW-Treibmittel in den PU-Isolationsschäumen der Gerätegehäuse machte sich schon um die Jahrtausendwende bemerkbar. Seit 2009 zeigt sich ein weiter verstärkter Abwärtstrend bei den FCKW-geschäumten Geräten, welcher sich bis dato fortsetzt. 2011 betrug dieser Anteil nur noch 52 %, womit voraussichtlich im Erhebungsjahr 2012 ein Gleichgewicht an FCKW- und HC- (Cyclopentan-) Geräten erreicht sein wird. Danach werden die HC-geschäumten Gehäuse die Mehrheit der in Stufe 2 zu behandelnden Kühl-, Gefrier- und Klimageräte bilden → Abbildung 6.

**Abbildung 5: Entwicklung der Kältemittel- und Treibgastypen auf dem Altgerätemarkt**

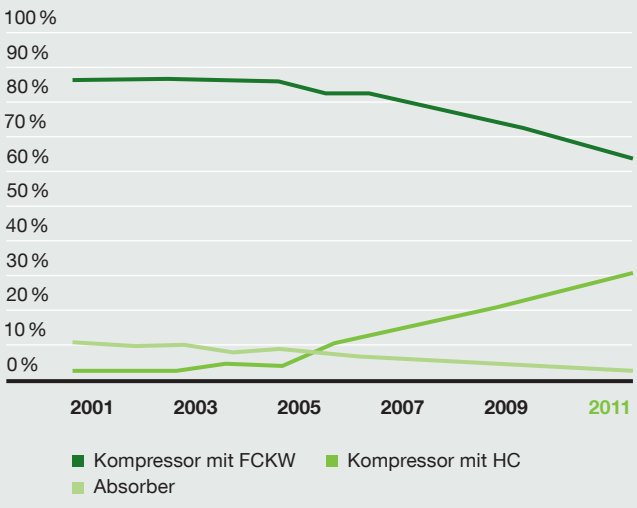
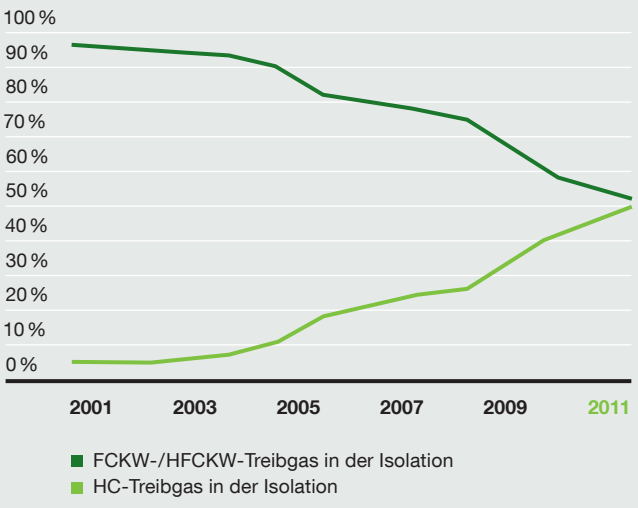



**Abbildung 6: Entwicklung der Treibgasverwendung in der Isolation von Kühl-, Gefrier- und Klimageräten**



### Zurückgewonnene Menge an Kältemitteln unverändert (Stufe 1)

Auf → Abbildung 7 wird die Menge der aus den Kühlkreisläufen (FCKW-/HC-Gemische) zurückgewonnenen Kältemittel ersichtlich. Während diese im Erhebungsjahr 96/97 noch fast 130 Gramm betrug, hat sie sich seit 2002 bei durchschnittlich 100 Gramm pro Gerät eingependelt. Die Ölmenge, welche als Indikator für die Effizienz der Absaugung gilt, unterlag ursprünglich etwas grösseren Schwankungen. In den letzten Jahren bewegt sie sich aber auf einem konstanten Level. 2011 wird eine Rückgewinnung von 212 Gramm Öl pro Gerät erzielt.

### Langjähriger Abwärtstrend bei FCKW-geschäumten Gerätegehäusen (Stufe 2)

FCKW (R11) hat ein doppelt so hohes spezifisches Gewicht wie HC (Cyclopentan). Da die beiden Treibmittel nach der Behandlung der Geräte nicht getrennt, sondern als Gemisch vorliegen und weil der Anteil der HC-Geräte im Steigen begriffen ist, nimmt die Menge des pro Kilogramm PU-Isolationsschaum zurückgewonnenen Treibmittels tendenziell ab. Die 2011 erzielte Rückgewinnung von 60 Gramm Treibmittel pro Kilogramm PU-Schaum bestätigt den langjährigen Abwärtstrend bei den FCKW-geschäumten Gerätegehäusen auch auf Output-Seite. Kurzfristige Erhöhungen bei der Rückgewinnung in den Jahren 2005 und 2009 stehen nicht im Widerspruch zu diesem Trend, sondern ergeben sich aus den Inbetriebnahmen neuer Anlagenteile mit höherer Leistung. → Abbildung 8 zeigt die gemessenen Kennzahlen seit dem Erhebungsjahr 1993/94.

**Abbildung 7: Rückgewinnung von FCKW/HC und Öl aus dem Kühlkreislauf (Stufe 1)**
Menge in Gramm pro Gerät

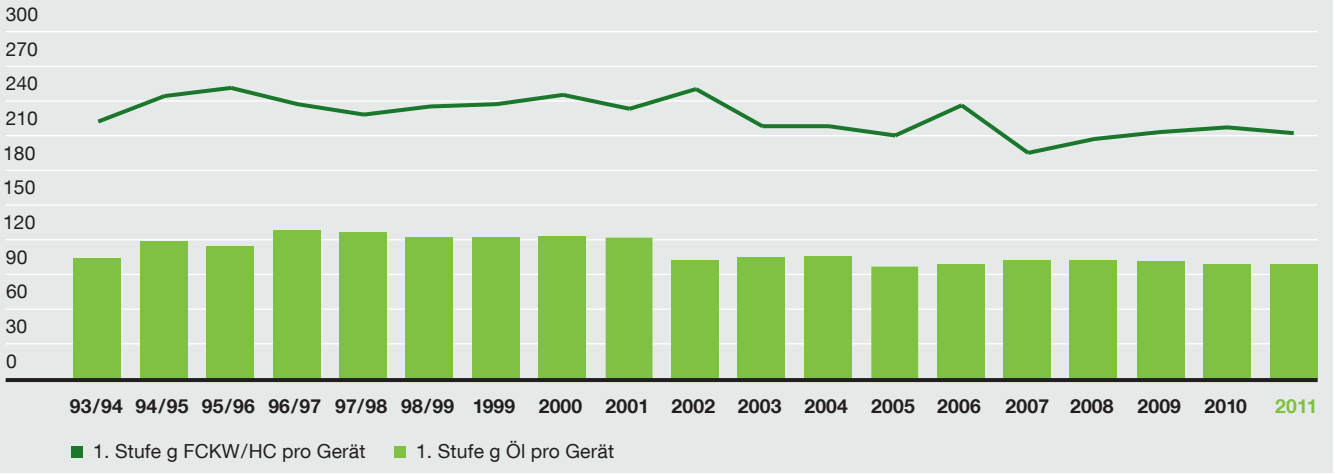
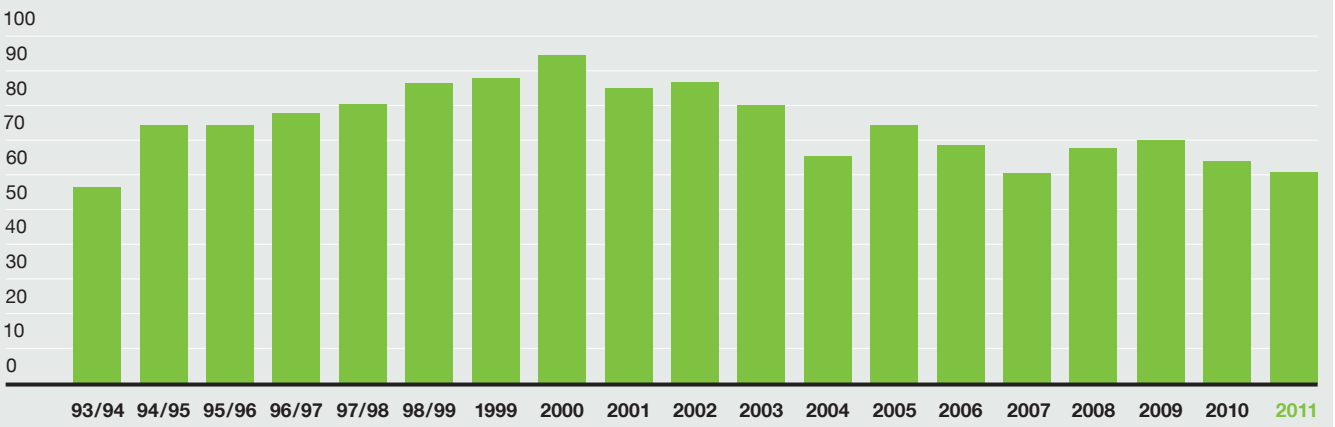



**Abbildung 8: Rückgewinnung von FCKW/HC aus PU-Isolationsschaum (Stufe 2)**
FCKW-/HC-Gemisch in Gramm pro Kilo Isolationsschaum



Schliesslich visualisiert →Abbildung 9 den seit 2000 feststellbaren Abwärtstrend, welcher durch sporadische Leistungsverbesserungen verzögert wird (vertikale Pfeile). Bei der gestrichelten Linie ab 2011 handelt es sich um eine Prognose für die kommenden Jahre. Grundsätzlich geht die Prognose in Richtung einer dereinstigen minimalen Rückgewinnung von rund 40 Gramm pro Kilogramm PU-Schaum. Diese Voraussage stützt sich auf die Annahme, dass End-of-life-FCKW-Gerätegehäuse langfristig ganz vom Altgerätemarkt verschwinden werden.

Allgemein belegen die Stoffflüsse im Jahr 2011 eine insgesamt erfreuliche Entwicklung: Denn der Schwerpunkt verlagert sich zunehmend auf ein nachhaltiges Recycling von verwertbaren Stoffen.

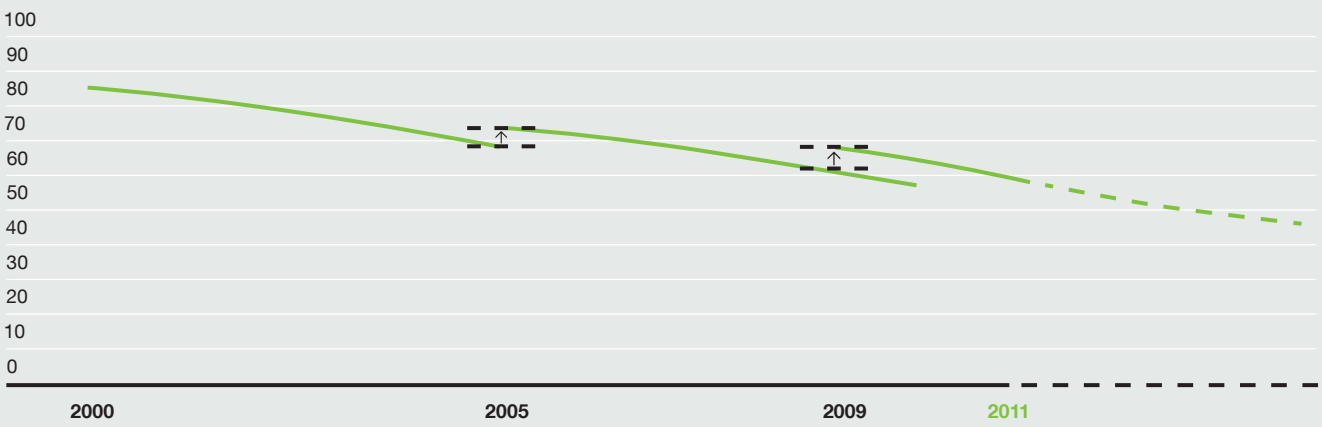
**Esther Müller**

Nach der Ausbildung zur Umweltingenieurin mit Schwerpunkt Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik an der ETH Zürich arbeitete Esther Müller als Projektleiterin im Bereich Altlasten bei der BMG Engineering AG in Schlieren. Seit 2007 arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency) der Empa im Bereich der Analyse und Modellierung nationaler und globaler Stoffströme im Zusammenhang mit zukunftsträchtigen Technologien und der darin enthaltenen Materialien. Seit 2012 arbeitet Esther Müller an ihrer Dissertation.

**Geri Hug**

Nach dem Chemiestudium und anschliessender Dissertation am Organisch-chemischen Institut der Universität Zürich war Geri Hug wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei Roos+Partner AG in Luzern. Seit 1994 ist er Partner, ab 1997 auch Geschäftsführer der Roos+Partner AG. Neben Umweltberatungen erarbeitet Geri Hug Kurzberichte und Risikoanalysen nach StFV, Betriebs- und Produkteökobilanzen und validiert Umweltberichte. Geri Hug ist Kontrollbeauftragter der SENS für den Bereich Elektro- und Elektronikentsorgung.

**Abbildung 9: Trendbestätigung und Prognose Treibmittelrückgewinnung (Stufe 2)**
FCKW/VOC in Gramm



# Zunahme der Verwertung bei Flachbildschirmen

**Der Technologiewechsel von Flachbildschirmen mit quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtungen zu solchen mit LED-Hintergrundbeleuchtungen hat dazu geführt, dass eine stark wachsende Menge an mittlerweile unbenutzten Bildschirmgeräten fachgerecht gesammelt, verwertet und entsorgt werden muss. Flachbildschirme sind eine Quelle verschiedener Wertstoffe, aber auch von Schadstoffen.**

LCD-Flachbildschirme, im Einsatz als TV-Geräte und Desktop- oder Laptopcomputerbildschirme, welche ungefähr zwischen 1999 und 2010 in den Verkauf gelangt sind, enthalten als Hintergrundbeleuchtung quecksilberhaltige Leuchtstoffröhrchen. Seit 2011 sind praktisch nur noch Geräte mit LED-Hintergrundbeleuchtung im Verkauf. Die Menge der zurückgenommenen LCD-Geräte ist ab 2005 kontinuierlich angestiegen, was auch mit dem steten Preisrückgang und der damit verbundenen Steigerung des Absatzes zu tun hat. Die Recycler haben rasch die notwendigen Massnahmen getroffen. Während zu Beginn lediglich die manuelle Demontage der Geräte respektive deren Verbrennung mit den Siedlungsabfällen als Entsorgungswege verfügbar waren, können diese Geräte seit September 2011 bei der SOVAG in Rubigen und seit März 2012 bei der Griag Glasrecycling AG in Werder in Deutschland auch mechanisch verarbeitet werden. SWICO Recycling hat die künftige Entsorgung von Flachbildschirmen in einer Studie, welche im März 2011 veröffentlicht wurde, untersucht.

### Quecksilbergehalt von Hintergrundbeleuchtungen

Laut Fachliteratur betragen die Quecksilbergehalte pro Leuchtstoffröhrchen je nach Quelle, 3,5–5 respektive 5–10 mg Quecksilber (Hg). Untersuchungen der Empa im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) haben aber deutlich geringere Gehalte von 0,6–1,6 mg Hg pro Röhrchen eruiert, wobei ein Grossteil des Quecksilbers gasförmig vorliegt → Tabelle 1. Es ist aber bekannt, dass herkömmliche LCD-TV-Bildschirme eine grosse Anzahl solcher Röhrchen enthalten, wodurch in vielen Fällen über 20 mg Quecksilber pro TV-Bildschirmgerät zu entsorgen sind. Zum Vergleich: Energiesparlampen enthalten 4–8 mg Quecksilber. Die gesamthaft zu entsorgende Quecksilbermenge aus Flachbildschirmen, welche etwa 2014 ihren Höhepunkt erreichen dürfte, wird aufgrund dieser neusten Zahlen rund 15–20 kg pro Jahr erreichen. Auch Drucker, Scanner und Kopierer können quecksilberhaltige Leuchtstoffröhrchen mit Durchmessern bis zu 1 cm enthalten. Diese müssen den Geräten manuell entnommen werden, da bislang keine mechanische Verarbeitung möglich ist.

**Tabelle 1: Quecksilbergehalt von Hintergrundbeleuchtungen verschiedener LCD-Bildschirme**

| | LCD-Laptop | | LCD-PC-Monitor | | LCD-TV | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mg/CCFL | % | mg/CCFL | % | mg/CCFL | % |
| **Hg gasförmig** | 0,6 | 97 | 0,9 | 90 | 0,9 | 55 |
| **Hg fest** | 0,02 | 3 | 0,1 | 10 | 0,7 | 45 |
| **Hg total** | **0,6** | **100** | **1,0** | **100** | **1,6** | **100** |

Quelle: Bafu/Empa 2011

### Wertstoff Indium: ein seltenes Metall

Während auf der Schadstoffseite dem Quecksilber das Hauptaugenmerk gilt, ist auf der Wertstoffseite das Indium (In) von Bedeutung. Indium wird sowohl in älteren als auch in neuen Geräten eingesetzt, weil es transparent und in sehr dünnen Schichten elektrisch leitend ist. Indium ist aufgrund seines Gehaltes in der Erdkruste ein seltenes Metall. Es wird auch in Fotovoltaik-Modulen verwendet. Das Indium aus Flachbildschirmen wird in der Schweiz bisher nicht zurückgewonnen. In einem Projekt von SWICO Recycling sollen Möglichkeiten der Rückgewinnung geprüft werden. Geprüft wird auch eine Zwischenlagerung der LCD-Panels, damit das Indium allenfalls zu einem späteren Zeitpunkt zurückgewonnen werden kann.

Aufgrund von im Jahre 2011 in Deutschland durchgeführten Laboranalysen kann pro Flachbildschirm von einer Menge von rund 0,8 mg In/m² ausgegangen werden. Die in der SWICO-Studie angegebenen Indium-Mengen sind daher um ca. Faktor 2 nach oben zu korrigieren. Die maximale Menge an Indium, welche aufgrund einer Modellbetrachtung schätzungsweise im Jahre 2017 in die Entsorgung gelangt, beträgt somit ca. 230 kg. Dagegen dürfte die maximale Indium-Menge der im Gebrauch stehenden Flachbildschirme im Jahre 2015 rund 1 t betragen.

**Tabelle 2: Quecksilberanhaftungen an Fraktionen aus der mechanischen Verarbeitung von Flachbildschirmen**

| Fraktionen | Korngrösse (mm) | Anteil (%) | Hg (mg/kg) | Hg-Fracht (mg/h) |
|---|---|---|---|---|
| **Metalle (magnetisch)** | – | 32,1 | < 0,05 | 8 |
| **Feinstfraktion** | < 3 | 10,8 | 6,95 | 375 |
| **Feinfraktion** | 3–8 | 4,3 | 0,66 | 14 |
| **Mittlere Fraktion** | 8–11 | 21,1 | 0,64 | 68 |
| **Grobfraktion** | 11–15 | 14,9 | 0,14 | 10 |
| **Überkorn** | > 15 | 16,8 | 0,05 | 4 |
| **Staub/Leuchtschicht** | – | < 0,1 | 424 | < 212 |
| **Summe** | | | | **< 691** |

Quelle: SOVAG 2011

**Tabelle 3: Vergleich der Entsorgungsmöglichkeiten für Flachbildschirme**

| | Manuelle Demontage | Mechanische Verarbeitung |
|---|---|---|
| **Endfraktionen** | reine Fraktionen<br>(Metalle, Kunststoffe, Leiterplatten, Hintergrundbeleuchtung etc.) | gemischte Fraktionen<br>(Metalle/Kunststoffe/Leiterplatten; in unterschiedlichen Korngrössen)<br>magnetische Metalle, Staubfraktion |
| **Quecksilber-Rückgewinnung** | geringe Verluste<br>in der nachfolgenden Leuchtmittelverarbeitung<br>über Abgas und Anhaftungen an den Endfraktionen | Verluste<br>über Abgas und Anhaftungen an den Mischfraktionen und an der Staubfraktion |
| **Indium-Rückgewinnung** | aus reiner Fraktion<br>(LCD-Panel) | aus Mischfraktionen<br>(Fraktionen der Nachsortierung) |
| **Kosten** | Zerlegungskosten<br>– Einnahmen aus Verkauf der Reinfraktionen<br>+ Entsorgungskosten | Behandlungskosten<br>+ Kosten Nachsortierung<br>– Einnahmen aus Verkauf der Endfraktionen |

Quelle: Empa 2012

**Manuelle Demontage oder mechanische Verarbeitung?**
Bei der mechanischen Verarbeitung von Flachbildschirmen können die in der Gesetzgebung geforderten Emissionsgrenzwerte für Staub und Quecksilber eingehalten werden. Mit Ausnahme der Staub- und Feinfraktion, welche spezielle Entsorgungsverfahren erfordern, finden sich Restanhaftungen von Quecksilber an den Endfraktionen von unter 1 mg/kg → Tabelle 2.

Bei der manuellen Demontage konnte zusammen mit der SUVA nachgewiesen werden, dass bei einer sachgemässen Zerlegung die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) deutlich unterschritten werden.

Beide Verfahren sind aus Sicht der Technischen Kontrollstelle von SWICO Recycling zulässig. Sie unterscheiden sich jedoch in einigen Aspekten → Tabelle 3.

**Neue Verarbeitungsvorschriften**
Die Verarbeitungsvorschriften für Recyclingbetriebe wurden unter Berücksichtigung der bestehenden Entsorgungsmöglichkeiten auf den 1. April 2012 angepasst. Unter anderem wurde die Entsorgung ganzer Bildschirme in Kehrichtverbrennungsanlagen verboten. Für die aus der mechanischen Verarbeitung entstehenden Fraktionen wurde in Anlehnung an die Grenzwerte für die Leuchtmittelverarbeitung ein Quecksilbergehalt in Metall- und Mischfraktionen von 10 mg/kg und für die Glasfraktion von 5 mg/kg als Grenzwert festgelegt. Damit sind entscheidende Weichen für ein nachhaltiges und ökologisches Recycling gestellt worden.

**Heinz Böni**

Heinz Böni ist Kontrollexperte bei SWICO Recycling und SENS und übernahm 2009 die Leitung der Technischen Kontrollstelle von SWICO Recycling. Seit 2011 ist er Leiter der Gruppe «CARE-Critical Materials and Resource Efficiency» der Abteilung Technologie und Gesellschaft der Empa sowie Abteilungsleiter a. i. der Abteilung Technologie und Gesellschaft der Empa Forschung und Dienstleistungstätigkeit im Bereich der nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Vor seiner Anstellung an der Empa war er über 10 Jahre als Berater und planender Ingenieur im Bereich der Entsorgungswirtschaft tätig.

# Steigende stoffliche Verwertung von Kunststoffen

**Beim Recycling von Elektro- und Elektronikgeräten spielen Kunststoffe eine immer wichtigere Rolle. Dabei richtet sich der Fokus vor allem auf die stoffliche Verwertung. Bei dieser ist es jedoch entscheidend, dass es nicht zu einer Verschleppung von Schadstoffen in neue Produkte kommt.**

Elektro- und Elektronikgeräte bestehen durchschnittlich zu rund einem Fünftel aus Kunststoffen, Tendenz steigend. Die bei der Zerlegung von Elektro- und Elektronikaltgeräten zurückgewonnenen Kunststoffe lassen sich energetisch oder stofflich verwerten. Aus einer Umweltperspektive ist eine stoffliche Verwertung zu begrüssen, sofern dies nicht zu einer Verschleppung von Schadstoffen in neue Produkte führt. Laut einer Studie, die der europäische Verband der Rücknahmesysteme für elektronische und elektrische Geräte, das WEEE-Forum, in Auftrag gegeben hat, sind hier besonders Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom VI und Quecksilber) sowie bromierte Flammschutzmittel (polybromierte Biphenyle, polybromierte Diphenylether) von Bedeutung. Die maximalen Konzentrationen dieser Schadstoffe in Kunststoffen für den Anwendungsbereich Elektro- und Elektronikaltgeräte sind seit dem 1. Juli 2006 in der RoHS-Direktive der EU beziehungsweise der schweizerischen Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) festgelegt.

### Anpassung an europäisches Recht

Im Rahmen der laufenden Revision der ChemRRV werden auch Anpassungen, welche die bromierten Flammschutzmittel betreffen, vorgeschlagen. Zubereitungen sowie neue Gegenstände, die teilweise oder vollständig aus verwerteten Materialien oder aus Materialien aus zur Wiederverwendung aufbereiteten Abfällen hergestellt wurden, dürfen zukünftig je 0,1% Tetra-, Penta-, Hexa- oder HeptaBDE enthalten. «Homogene» Werkstoffe – beispielsweise Kunststoffe – in Elektro- und Elektronikgeräten werden weiterhin die Konzentrationshöchstwerte von 0,1 Gewichts-Prozent für Blei, Quecksilber, sechswertiges Chrom, polybromierte Diphenylether (einschliesslich DecaBDE) und polybromierte Biphenyle sowie 0,01 Gewichts-Prozent für Cadmium einhalten müssen.

### Stoffliche Verwertung bevorzugt

Die gegenwärtig laufende Revision der Verordnung über Rückgabe, Rücknahme und Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (VREG) sieht vor, dass Kunststoffe vorzugsweise in eine stoffliche Verwertung gelangen sollen. In den vergangenen Jahren hat der Anteil an stofflich verwerteten Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikgeräten zugenommen. Während im Jahr 2007 noch weniger als 40 % des in den Stoffflussdatenblättern als «Kunststoffe»[1] ausgewiesenen Materials an Abnehmer geliefert wurden, welche Kunststoffe aufbereiten (also die nicht verwertbaren und schadstoffbelasteten Kunststofftypen abtrennen) und anschliessend einer stofflichen Verwertung zuführen, waren es im Jahr 2011 knapp 70 %. Dies entspricht fast 16’000 t Kunststoffe, von denen allerdings infolge der Aufbereitung nur ein Teil tatsächlich stofflich verwertet wird[2]. Eine weitere Erhöhung des Anteils stofflich verwerteter Kunststoffe liesse sich dadurch erreichen, dass der nicht schadstoffbelastete Kunststoffanteil der heute direkt der energetischen Verwertung respektive Entsorgung zugeführten Fraktionen «Kunststoffe» (2011: rund 7’000 t bzw. 30 %) sowie «Kunststoff-Metall-Gemische» (2011: insgesamt rund knapp 14’000 t) in die stoffliche Verwertung umgelenkt würden. Um u. a. eine Querkontamination durch Inhaltsstoffe aus anderen WEEE-Komponenten zu verhindern, wäre auch eine verstärkte, selektive manuelle Abtrennung der Kunststoffe vor der mechanischen Verarbeitung von WEEE-Geräten zu prüfen. Gemäss der erwähnten Studie im Auftrag des WEEE-Forums ist davon auszugehen, dass die Belastung an in der ChemRRV geregelten Schadstoffen in Mischkunststoffen aus Flachbildschirmen und Haushaltgrossgeräten einschliesslich Kühlgeräten grundsätzlich am niedrigsten ist. SENS und SWICO Recycling setzen sich weiterhin dafür ein, dass durch eine Erhöhung der stofflichen Verwertung das Recycling von Kunststoffen noch nachhaltiger umgesetzt werden kann.

[1] Einschliesslich der Fraktionen «Kunststoffe aus Kühlgeräten» und «PUR-Kunststoffgemisch aus Kühlgeräten». Weitere Kunststoffe fallen auch in den Fraktionen «Kunststoff-Metall-Gemisch zur Aufbereitung» sowie «Kunststoff-Metall-Gemisch zur Verbrennung» an.

[2] Einer groben Schätzung zufolge handelt es sich dabei um rund 50 % des angelieferten Materials.

**Patrick Wäger**

Nach dem Chemiestudium an der ETH Zürich und der anschliessenden Dissertation war Patrick Wäger zwei Jahre Umweltberater bei der Elektrowatt, Zürich. Seither ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Empa, u. a. für Projekte zum nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen. Zudem ist er Kontrollexperte für SENS und SWICO Recycling sowie Vorstandsmitglied der International Solid Waste Association (ISWA) und der SAGUF.

# Goldgrube Mobiltelefon

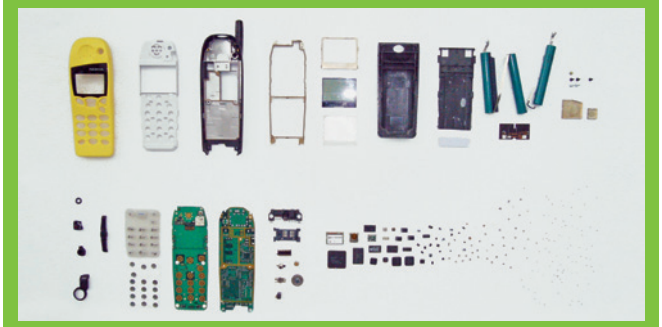
**Die Schweiz hat im Bereich Mobiltelefone mit Abstand eine der weltweit höchsten Rücklaufquoten. Dennoch befinden sich über die Hälfte der alten Mobiltelefone ungenutzt in den Schweizer Haushalten. Dieses Potenzial gilt es vermehrt auszuschöpfen. Die Tatsache, dass Mobiltelefone eine nicht zu unterschätzende Quelle für diverse Edel- und andere Metalle darstellen, macht sie für ein nachhaltiges Recycling umso interessanter.**

Mobiltelefone sind laut der letzten offiziellen Statistik (BFS 2009) – gleich nach den TV-Geräten – das häufigste Kommunikationsmittel in Schweizer Haushalten → Abbildungen 2 und 3. Über 90 % verfügen über ein Handy, wobei über 50 % sogar mehrere besitzen. Diese Zahl hat sich seit 2000 um über 50 % erhöht. Seit 2009 boomen die Smartphones, und ihr Quartalsverkauf hat sich mit weltweit über 110 Millionen Geräten in nur drei Jahren mehr als verdoppelt. In der Schweiz werden heute gemäss «Weissbuch» jährlich über 3,6 Millionen Mobiltelefone verkauft. Rund 20 %, bezogen auf die Verkaufsmenge, gelangten im Jahr 2011 zu den Rückgabestellen. Bei einer weltweiten Rücklaufquote von weniger als 3 % ist das einerseits ein ansehnliches Ergebnis. Andererseits bedeutet das auch, dass sich in Schweizer Haushalten schätzungsweise 8 Millionen veraltete und unbenutzte Mobiltelefone stapeln. Laut einer Umfrage von Nokia liegen in Europa 44 % der alten Mobiltelefone in Schubladen herum, 25 % werden an Familie und Freunde weitergegeben, und ungefähr 16 % privat verkauft.

### Gold, Silber und andere Edelmetalle

Dabei können rund 40 % des Gesamtgewichts eines Mobiltelefons der stofflichen Verwertung zugeführt werden. Schätzungsweise 50 % vom Gesamtgewicht eines Handys lassen sich energetisch verwerten, um zum Beispiel Recyclingprozesse wie pyrometallurgische Verfahren mit Energie zu versorgen. Somit müssen lediglich 10 % entsorgt werden. Was ein nachhaltiges Recycling von Mobiltelefonen umso interessanter macht, ist die Tatsache, dass sie eine hohe Konzentration an wiederverwertbaren Edel- und anderen Metallen enthalten, wie beispielsweise Gold, Silber, Lithium und Kupfer.

**Abbildung 1: Darstellung eines zerlegten Mobiltelefons**



Die kaum mehr sichtbaren Punkte unten rechts sind SMD-Bauteile, welche häufig kritische Metalle in hoher Konzentration enthalten.

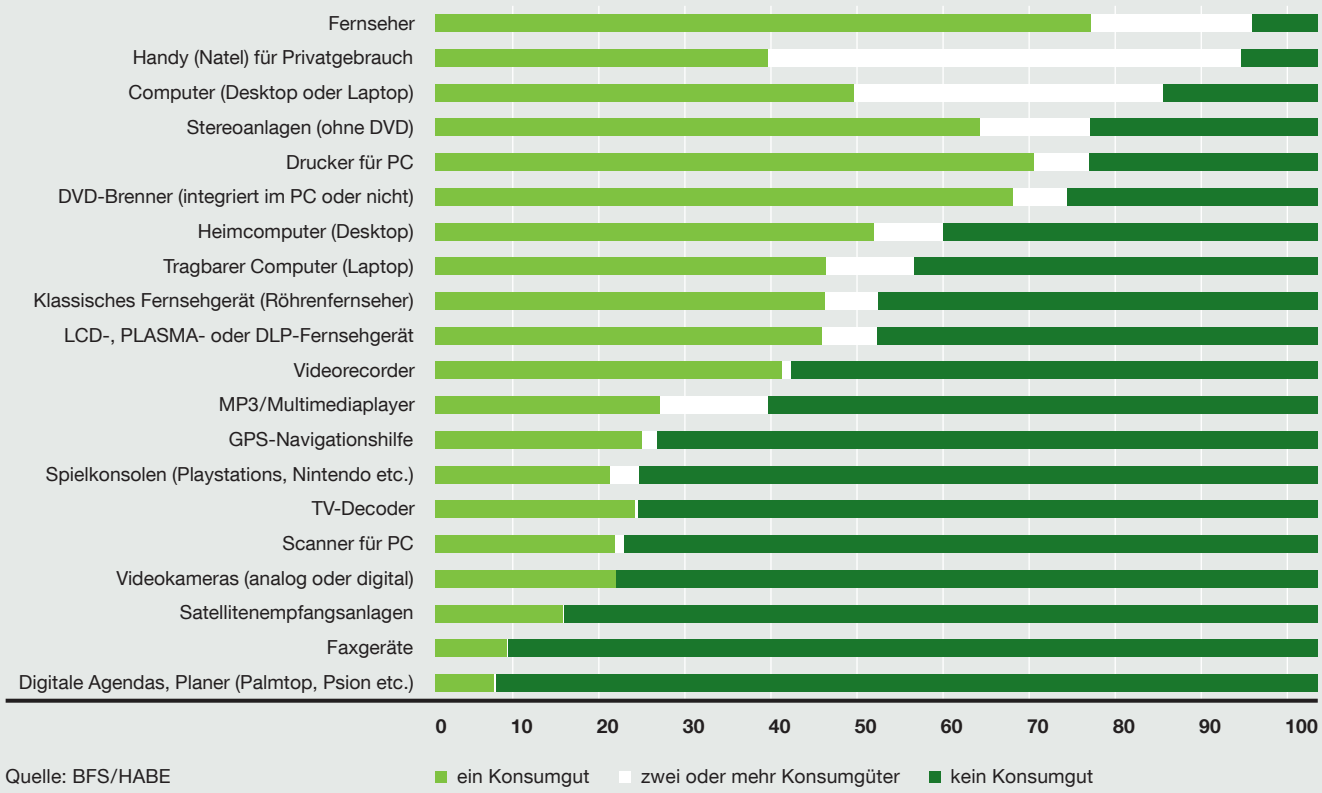
Das Mobiltelefon in → Abbildung 1 wurde am sogenannten Tecday der Kantonsschule Trogen im Rahmen eines Schülerworkshops («Mein Handy wiegt über eine Tonne») unter Anleitung der Empa akribisch analysiert. Dabei wurden auch die «ökologischen Rucksäcke» bestimmt. Wie aus der → Tabelle 2 hervorgeht, musste für die Herstellung dieses 170 g schweren Geräts über eine Tonne Material bewegt und verarbeitet werden.

**Tabelle 1: Entwicklung der Rückläufe sowie Zusammensetzung und Massen der erzeugten Fraktionen 2009–11 (aus SWICO-Recycling-Jahresberichten). Fehlende Daten sind auf Änderungen der Buchführung zurückzuführen.**

| Jahr | Anzahl 1'000 | Durchschnittsgewicht (kg) | Metalle (t) | Kunststoffe (t) | Metall-Kunststoff-Mix (t) | Kabel (t) | Glas und/oder LCD-Modul (t) | Leiterplatten (t) | Schadstoffe (t) | Weiteres[1] (t) | Total (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2011 | 457 | 0,14 | 10,38 | 22,83 | – | – | 3,35 | 14,45 | 12,92 | – | 63,93 |
| **2010** | 382 | 0,13 | – | 19,36 | – | – | 3,48 | 10,45 | 17,42 | – | 50,72 |
| **2009** | 327 | 0,13 | 23,48 | 9,70 | 5,49 | 1,01 | 0,09 | 0,82 | 0,45 | 1,47 | 42,50 |

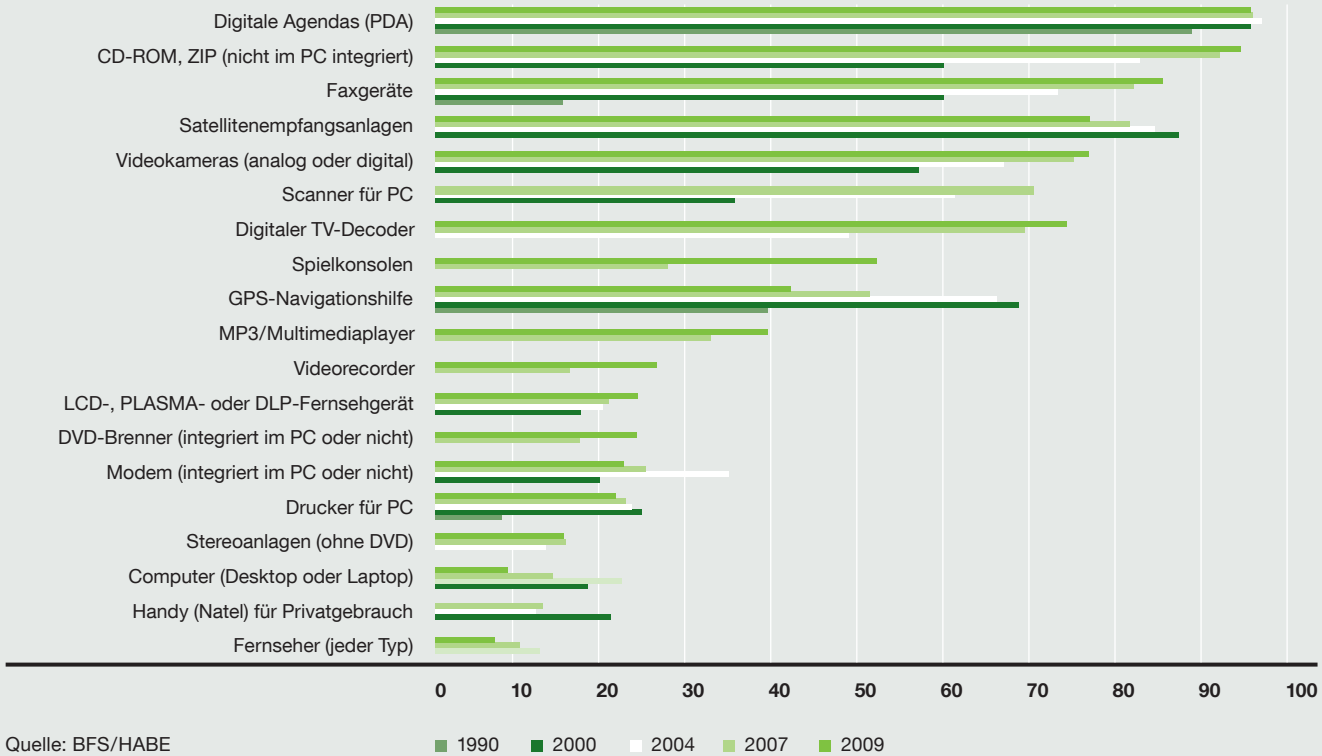
[1] Verpackungs- und andere Abfälle

**Abbildung 2: IKT-Ausstattung der Schweizer Haushalte nach Güterart, 2009**
Ausgestattete Haushalte in %




Quelle: BFS/HABE

**Abbildung 3: IKT-Ausstattung der Schweizer Haushalte, Entwicklung 1990–2009**
Ausgestattete Haushalte in % (mind. 1 Konsumgut)




Quelle: BFS/HABE

Tabelle 2: Zusammenstellung des Materialumsatzes (t/t) , des Energiebedarfs (MJ/kg) und der Umweltbelastungen in Ecoindicatorpunkten/kg

| Material | Inhalt | «Rucksack» | Materialbedarf | | | | | | Energiebedarf | | Ecoindicator | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Primär | | | Sekundär | | | Primär | Sekundär | Primär | Sekundär |
| | (g) | (g) | Abiotisches Material | Wasser | Luft | Abiotisches Material | Wasser | Luft | | | | |
| **Kunststoff** | 60,75 | 13'061,25 | 4 | 207 | 4 | | | | 99 | | 0,49 | |
| **Epoxyharz** | 7,06 | 2'188,17 | 14 | 290 | 6 | | | | 83 | | 0,41 | |
| **Glasfasern** | 4,87 | 501,40 | 6 | 95 | 2 | | | | | | | |
| **Flachglas** | 4,75 | 76,00 | 3 | 12 | 1 | | | | 15 | | 0,09 | |
| **Eisen** | 4,16 | 923,52 | 14 | 205 | 3 | 1 | 59 | 1 | 73 | 68 | 1,23 | 1,22 |
| **Aluminium** | 13,43 | 14'718,95 | 37 | 1'048 | 11 | 1 | 31 | 1 | 194 | 24 | 0,90 | 0,17 |
| **Kupfer** | 19,06 | 13'688,45 | 349 | 367 | 2 | 2 | 86 | 1 | 60 | 28 | 15,65 | 0,63 |
| **Gold** | 0,04 | 126'828,80 | 540'000 | 2'000'000 | 500'000 | | | | 312'776 | 7'453 | 19'772 | 43,24 |
| **Silber** | 0,24 | 11'561,50 | 7'500 | 30'000 | 10'000 | | | | 6'738 | 128 | 252 | 0,74 |
| **Silizium** | 0,87 | 14'773,00 | 2'000 | 10'000 | 5'000 | | | | 1'591 | | 7,17 | |
| **Lithium** | 1,17 | 42,04 | 6 | 20 | 10 | | | | 415 | | 1,16 | |
| **Mangan** | 9,93 | 2'114,30 | 17 | 194 | 2 | | | | 0,25 | | 0,01 | |
| **Nickel** | 1,17 | 484,64 | 141 | 233 | 41 | | | | 187 | 15 | 6,04 | 0,09 |
| **Graphit** | 9,34 | 3'101,68 | 20 | 306 | 6 | | | | 68 | | 0,18 | |
| **Elektrolyt** | 11,68 | 1'623,24 | 3 | 134 | 2 | | | | 39 | | 0 | |
| **Übriges** | 21,25 | 962'741,87 | 15'000 | 30'000 | 300 | 5'000 | 10'000 | 100 | 13'476,02 | 6'738,01 | 503,01 | 251,51 |
| **Total** | **169,77** | **1'168'428,82** | | | | | | | | | | |

Quelle: MIT-Wertetabelle (Stand: 14. Juli 2011): Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen und Lebensmitteln Ecoinvent v2.2, Eigene Abschätzungen Empa

### Potenzial zur Rückgewinnung von Metallen

Aus der Materialzusammensetzung und den Mengen der sich im Gebrauch befindlichen Handys lassen sich Abschätzungen zum Rückgewinnungspotenzial der enthaltenen Metalle machen →Tabelle 3. Die grosse Anzahl Geräte lässt selbst die geringsten Mengen in einem einzelnen Handy auf namhafte Werte anschwellen. So enthält der Rücklauf 2011 knapp 20 kg Gold und das Lager an gehorteten Geräten gar über 336 kg.

Aufgrund der überaus kompakten Bauweise der Handys und der hohen Konzentration an seltenen technischen Metallen ist die zurzeit beste Verarbeitung der Altgeräte relativ einfach: Nach der Entnahme des Akkus werden die Geräte ohne weitere Prozessschritte in ein spezialisiertes Schmelzwerk gebracht, wo sie zusammen mit anderem Recyclinggut eingeschmolzen und möglichst viele Metalle zurückgewonnen werden. Wie bereits erwähnt, dient der Kunststoff als Energielieferant, wodurch kein zusätzlicher Brennstoff benötigt wird.

Tabelle 3: Mengen an ausgewählten Metallen, die potenziell zurückgewonnen werden könnten

| Inhalt | Gehalt (g/Stück) | Rücklauf '11 (kg) | CH-Lager '11 (kg) |
|---|---|---|---|
| **Kupfer** | 19,065 | 8'713 | 152'520 |
| **Aluminium** | 13,430 | 6'138 | 107'440 |
| **Mangan** | 9,926 | 4'536 | 79'408 |
| **Eisen** | 4,160 | 1'901 | 33'280 |
| **Lithium** | 1,168 | 534 | 9'344 |
| **Nickel** | 1,168 | 534 | 9'344 |
| **Silber** | 0,243 | 111 | 1'944 |
| **Gold** | 0,042 | 19 | 336 |

**Rolf Widmer**

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

# Europaweite Vereinheitlichung der Recyclinganforderungen

**Das WEEE-Forum, die europäische Vereinigung von derzeit 41 kollektiven Rücknahme- und Recyclingsystemen für Elektro- und Elektronikaltgeräte, hat im Januar 2009 ein Projekt gestartet, welches zur Vereinheitlichung der technischen Anforderungen an die Verarbeitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten führen soll. Am 1. April 2011 wurde der europäische WEEELABEX-Standard verabschiedet.**

Bei der Vorbereitung zur Festlegung eines gemeinsamen Standards haben Vertreter von SENS, SWICO Recycling und SLRS in verschiedenen Kommissionen mitgearbeitet. Am 1. April 2011 wurde der europäische WEEELABEX-Standard verabschiedet und seither wird dessen Umsetzung vorbereitet. Dabei werden die Entscheidungsstrukturen definiert, und es wird festgelegt, welche Dokumente notwendig sind und wie diese gestaltet und eingesetzt werden sollen. So werden beispielsweise die Protokollvorlagen für die jährlich stattfindenden Betriebskontrollen entwickelt und während Pilotaudits überprüft. Zudem wird festgelegt, wie die Finanzflüsse zu gestalten sind.

Ab dem 1. Januar 2013 soll der WEEELABEX-Standard von SENS, SWICO Recycling und SLRS zusammen mit 12 anderen Systemen in Italien, Spanien, Frankreich, Belgien, Rumänien und Deutschland umgesetzt werden. Weitere Systeme folgen im Jahr 2014 respektive 2015.

**Welche Vorschriften beinhaltet der WEEELABEX-Standard?**
Der WEEELABEX-Standard umfasst drei sich ergänzende Standards zu Sammlung, Logistik und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten. Für das Recycling massgebend ist der Standard zur Behandlung. Dieser legt fest, welche generellen und gerätespezifischen technischen Anforderungen an das Recycling gestellt werden. Gerätespezifische Anforderungen sind für die Kategorien Flachbildschirme, Röhrenbildschirme, Leuchtmittel und Kühlgeräte vorgegeben.

Im Standard sind 31 Begriffe definiert. Innerhalb der allgemeinen Anforderungen werden administrativ-organisatorische und technische Anforderungen unterschieden → Tabelle 1. Im allgemeinen Teil des WEEELABEX-Behandlungs-Standards befinden sich im Anhang Schadstoffentfrachtungsrichtlinien und Bestimmungen zur Schadstoffentfrachtungskontrolle. Ferner werden die Anforderungen an die Durchführung von Batchversuchen und zur Bestimmung der Recycling- und Verwertungsquoten ausgeführt.

**Tabelle 1: Anforderungen des WEEELABEX-Standards (Auszug)**

| |
|---|
| **Administrative/organisatorische Anforderungen** |
| **Einhaltung der Rechtsvorschriften:** Nachweispflicht zur Einhaltung der relevanten EU-Gesetzgebung |
| **Management-Grundsätze:** Vorhandensein eines (nicht notwendigerweise zertifizierten) Managementsystems für Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und Qualität; Verpflichtung zur kontinuierlichen Verbesserung |
| **Technische und infrastrukturelle Voraussetzungen:** Vorhandensein einer geeigneten Infrastruktur, inklusive Schutz vor Zutritt durch Unbefugte und Versicherungsdeckung |
| **Ausbildung:** Ausbildungsnachweispflicht für alle Angestellten; leichte Zugänglichkeit von Lehr- und Ausbildungsmaterial |
| **Downstream Monitoring:** Verpflichtung zur Dokumentierung der nachfolgenden Behandlungsschritte bis zur Erreichung des Abfallende-Status |
| **Vorbereitung für die Wiederverwendung:** Prüfung der Geräte und Zulassungspflicht; Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen |
| **Transporte:** Kein Export in Länder, wo eine Verarbeitung gemäss WEEELABEX nicht sichergestellt ist |
| **Technische Anforderungen** |
| **Handhabung:** Sorgfaltspflicht bei der Handhabung zur Vermeidung von Schadstoffemissionen in die Umwelt |
| **Lagerung von Geräten:** Lagerung nur auf undurchlässigen Oberflächen und mit witterungsgeschützter Überdeckung für bestimmte Gerätekategorien |
| **Schadstoffentfrachtung:** Entnahme von schadstoffhaltigen Komponenten gemäss WEEE-Direktive; Verdünnungsverbot; Vorsorgeprinzip |
| **Schadstoffentfrachtungskontrolle:** Verpflichtung zur Kontrolle der Entfrachtungsleistung durch Input-Output-Analysen, Analyse von Fraktionen, Benchmarkanalysen |
| **Weitere Behandlung:** Vermischungsverbot für gefährliche Abfälle |
| **Lagerung von Fraktionen und Bauteilen:** Verhinderung der Freisetzung von Schadstoffen in die Umwelt; witterungsgeschützte Lagerung von schadstoffhaltigen Komponenten |
| **Recycling und Verwertung:** Erreichung der Recycling- und Verwertungsquoten gemäss WEEE-Direktive; Verpflichtung zu Batchversuchen alle 2 Jahre pro Behandlungskategorie |
| **Beseitigung von Fraktionen:** Anforderungen zur Ablagerung auf Deponien |
| **Dokumentation:** Aufzeichnungspflicht betreffend Vorgänge, Abläufe, Risikobewertung etc. |

Quelle: WEEE-Forum

**Was ändert sich mit dem WEEELABEX-Standard?**
Der WEEELABEX-Standard entspricht weitgehend den bestehenden technischen Vorschriften von SENS und SWICO Recycling, welche diesem auch als Grundlage gedient haben. Unterschiede bestehen im Bereich der Anforderung an die Wiederverwendung (dazu gibt es bei SENS und SWICO Recycling keine Bestimmungen), in der Lagerung (SENS und SWICO Recycling machen strengere Vorschriften), bei der Schadstoffentfrachtungskontrolle (WEEELABEX verlangt auch einen Benchmark für Leiterplatten), bei der Dokumentationspflicht (WEEELABEX macht etwas weitergehende Anforderungen als SENS und SWICO Recycling) und bei der Verarbeitung von Röhrenbildschirmen (WEEELABEX verlangt ein Yttrium-Nachweisverfahren). Da der WEEELABEX-Standard in einigen Bereichen umfangreicher ist als die bestehenden technischen Vorschriften von SENS und SWICO Recycling, wird sich der Aufwand für die Betriebskontrolle tendenziell erhöhen.

In der Umsetzung des Standards wird es einige organisatorische Änderungen geben → Tabelle 2. Die WEEELABEX-Organisation wird das regelsetzende und leitende Organ für die Umsetzung des Standards werden. Ihr werden ein Aufsichtsgremium und ein Beratungsgremium beigestellt. Änderungen am Standard respektive an den zugehörenden Dokumenten können nur durch die WEEELABEX-Organisation vorgenommen werden.

Der Standard schafft Gewähr, dass WEEELABEX-anerkannte Recycler nach den gleichen Massstäben beurteilt werden. Es werden nicht mehr mehrere Audits des gleichen Recyclers durch verschiedene Systeme notwendig sein, was gleichzeitig die Möglichkeit eines WEEELABEX-auditierten Recyclers verbessert, auch ausserhalb seines nationalen Wirkungsbereiches tätig zu sein.

**Das Ziel ist ein allgemeinverbindlicher Standard**
Der WEEELABEX-Standard ist ein freiwilliger Standard, welchem nur die beteiligten Systeme verpflichtet sind. Somit besteht eine gewisse Gefahr einer Wettbewerbsverzerrung vor allem in Ländern ohne Kollektivsysteme (beispielsweise Deutschland) oder mit mehreren Kollektivsystemen, welche WEEELABEX nicht umsetzen möchten. Es besteht jedoch Absicht, den freiwilligen WEEELABEX-Standard in einer späteren Phase über das europäische Komitee für elektrotechnische Standardisierung CENELEC zu einem allgemeinverbindlichen Standard zu machen, dem letztlich alle Recycler in Europa unterstellt wären. Entsprechende Vorarbeiten sind bereits in Angriff genommen worden. Die SENS ist gemeinsam mit SWICO Recycling und SLRS aktiv an diesem Prozess beteiligt, denn eine europaweite Vereinheitlichung der Recyclinganforderungen für Elektro- und Elektronikgeräte liegt im Einklang mit deren Interessen und Zielsetzungen.

**Tabelle 2: Vorgesehene Umsetzung des WEEELABEX-Standards auf nationaler Ebene**

**Recycler:** Deklaration der Konformität mit dem WEEELABEX-Standard vorgängig zur Betriebskontrolle

**WEEELABEX-System:**
- Wahl, ob die Umsetzung des Standards unabhängig auf nationaler Ebene oder gemeinsam mit gleichsprachigen Nachbarländern erfolgen soll
- Vorschlagsrecht für WEEELABEX-Auditoren und Gruppenleiter
- Beauftragung und Entschädigung der WEEELABEX-Auditoren
- Anerkennung der Resultate eines WEEELABEX-Audits, welches durch ein anderes WEEELABEX-System durchgeführt wurde
- Möglichkeit für das Audit einen Beobachter zu entsenden

**Nationale resp. regionale Auditorengruppe:** WEEELABEX-Auditoren bilden eine nationale resp. regionale Auditorengruppe, welche von einem Gruppenleiter geführt wird.

Die Nomination und Anstellung des Gruppenleiters erfolgt durch das WEEELABEX-Büro. Der Gruppenleiter unterhält unabhängig von einem der beteiligten Systeme die Verbindung zum WEEELABEX-Büro. Er überwacht und leitet den Auditierungsprozess.

**WEEELABEX-Auditor:**
- Muss bestimmte Anforderungen erfüllen
- Verpflichtung zur Absolvierung eines WEEELABEX-Trainings
- Vertraulichkeitsverpflichtung gegenüber dem Recycler

Auszug, Stand April 2012, Quelle: WEEE-Forum

**Was ist das WEEE-Forum?**
Das WEEE-Forum (WEEE steht für «Waste Electrical and Electronic Equipment») ist eine europäische Non-Profit-Organisation mit Sitz in Brüssel. Das aus 41 WEEE-Rücknahmesystemen bestehende WEEE-Forum wurde im April 2002 gegründet. Das Ziel des WEEE-Forums besteht darin, seinen Mitgliedsorganisationen eine Plattform zum Austausch von Ideen und Initiativen für Massnahmen zur Optimierung des Umgangs mit elektrischen und elektronischen Geräten zu bieten. Der vollständige WEEELABEX-Standard kann auf der Website des WEEE-Forums heruntergeladen werden:
→ www.weee-forum.org/weeelabexproject

**Heinz Böni**

Nach der Ausbildung zum Dipl. Kultur-Ingenieur 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 war, übernahm Heinz Böni die Geschäftsführung des Büros für Kies+Abfall AG. Danach war er Mitinhaber und Geschäftsführer der EcoPartner GmbH. Bevor er 2009 die Leitung der Technischen Kontrollstelle der SWICO Recycling übernahm, war Heinz Böni bereits Kontrollexperte bei SWICO Recycling und SENS. Seit 2011 ist er Leiter der Gruppe «CARE-Critical Materials and Resource Efficiency» der Abteilung Technologie und Gesellschaft der Empa sowie Abteilungsleiter a. i. der Abteilung Technologie und Gesellschaft der Empa Forschung und Dienstleistungstätigkeit im Bereich der nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung.

# Nachhaltige Zusammenarbeit

**Der Vollzug der Kontrollen bei Recycling- und Zerlegerbetrieben von elektrischen und elektronischen Geräten ist seit 2006 von den Kantonen Zürich, Aargau und Thurgau an SENS/SWICO Recycling delegiert. Was war der Ursprung dieser Idee und was hat zu der erfolgreichen Umsetzung geführt?**

Dr. Alois Villiger: Die Situation war folgende: Auf der einen Seite waren die Kantone gefragt, da sie Bewilligungen für Betriebe, welche elektrische und elektronische Geräte entsorgen, erteilen mussten. Auf der anderen Seite waren SWICO Recycling und SENS, welche aufgrund der VREG diese Kontrollaufgabe übernommen haben.

SWICO Recycling/SENS und insbesondere die zuständige Fachstelle des Kantons Zürich haben bereits jahrelangen Kontakt in der Erarbeitung und Umsetzung der VREG gepflegt. Das Interesse an einer engeren Zusammenarbeit war daher naheliegend.

SENS hat dann die Kantone angefragt, ob für sie eine Zusammenarbeit vorstellbar wäre, bei der SENS/SWICO Recycling die Kontrollaufgabe auch im Auftrag der Kantone ausüben würde.

Von unserer Seite her, der Seite des Kantons Zürich, konnten wir aufgrund der personellen Knappheit die vom Gesetzgeber definierte Kontrollaufgabe nicht so umsetzen, wie wir das gewollt hätten. Daher sind wir gerne auf dieses Angebot eingestiegen, insbesondere weil der Artikel 43 des USG ausdrücklich eine Auslagerung an private Organisationen, gerade im Kontrollbereich, vorsieht. Unsere Bereitschaft zur Auslagerung der Kontrollaufgabe an SWICO Recycling/SENS basiert auch auf den mehrjährigen positiven Erfahrungen mit ähnlichen Delegationen an private Kontrollorgane in anderen Branchen.

Ein weiterer Grund für diese Entscheidung war auch, dass SWICO Recycling/SENS bei der Sammlung, dem Recycling sowie der Entsorgung etc. von elektrischen und elektronischen Geräten über jahrelange, grosse Fachkenntnis verfügt, die im AWEL in diesem Umfang nicht vorhanden ist.

**Daher hatten wir die Idee, SWICO Recycling/SENS nicht nur die Kontrolle über die korrekte Sammlung, das fachgerechte Recycling sowie die Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten zu delegieren, sondern den Auftrag umfassender zu gestalten und durch SWICO Recycling/SENS auch die Einhaltung der gewässerschutzrechtlichen und lufthygienischen Vorgaben überprüfen zu lassen.**

**Alois Villiger**
Nach der Ausbildung zum Chemiker mit Schwerpunkt analytische Chemie an der ETH Zürich war Alois Villiger analytischer Chemiker an der Empa in St. Gallen. Danach führte er die Schweizerische Gesellschaft der Entsorgungsunternehmen für Sonderabfälle (GESO). Seit 1988 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Abfallwirtschaft des AWEL in verschiedenen Funktionen und Bereichen. Aktuell ist Alois Villiger unter anderem für die Betreuung der Entsorgungsunternehmen von elektrischen und elektronischen Abfällen im Kanton Zürich zuständig.

Diesen Vorschlag haben wir mit SWICO Recycling/SENS unter Mitarbeit des Kantons Aargau weiterentwickelt, sodass schlussendlich eine Vereinbarung definiert werden konnte. Im Anhang der grundsätzlichen Vereinbarung ist zum einen der Umfang und Inhalt der Kontrollen, zum anderen die Art und Weise des daraus folgenden Kontrollberichtes an die Fachstellen sowie die entsprechende Kommunikation über den jährlichen, für den jeweiligen Kanton individuell erstellten, schriftlichen Tätigkeitsbericht geregelt. Weiter sind darin die Eckpunkte der gemeinsamen Jahressitzung geregelt, welche einerseits die Diskussion der Erfahrungen aus den Kontrollen vorsieht, andererseits auch als Plattform für allfällige Verständnisfragen sowie für die Diskussion zu konkretem Handlungsbedarf konzipiert ist. Zudem werden in der Jahressitzung die Schwerpunkte der nächsten Jahre diskutiert und gesetzt, zum Beispiel die Entwicklung von Recycling- oder Entsorgungsverfahren oder ergänzende Abklärungen, welche beispielsweise die Empa für die SENS erarbeitet. Durch diesen Austausch können sich das AWEL und SWICO Recycling/SENS gegenseitig in der Zukunftsplanung unterstützen.

**Sie konnten während mehrerer Jahre mit dieser Delegation Erfahrungen sammeln. Was sind das für Erfahrungen und was hat Ihnen diese Delegation bis dato gebracht?**

Seit dem Vertragsschluss im Jahr 2005 respektive dem Start und der Umsetzung der Vereinbarung im Jahr 2006 konnten wir Erfahrungen sammeln.

Die Delegation der Betriebskontrollen hat sich insbesondere bei Zerlegerbetrieben, welche im Auftrag der Entsorger arbeiten, sehr bewährt. Bei Zerlegerbetrieben sind die gewässerschutzrechtlichen und lufthygienischen Belange üblicherweise keine speziell zu thematisierenden Punkte, und Kontrollen können daher ohne übermässige Fachkenntnisse durchgeführt und somit entsprechend gut delegiert werden.

Bei den Entsorger- oder Recyclerbetrieben sind wir vom AWEL mehr gefordert. Da macht eine Delegation ab einer gewissen Komplexität der Entsorgungsanlage keinen Sinn mehr, da spezifisches Expertenwissen gefordert ist und zum Beispiel in Bezug auf mögliche Störfälle zusätzliche Anforderungen bestehen. Solche Kontrollaufgaben werden von uns üblicherweise nicht delegiert.

Es hat sich weiter gezeigt, dass mit den eingesetzten klaren Protokollen und den Checklisten gute, strukturierte und umfassende Kontrollen gemacht werden. Ich bin zu Beginn bei verschiedenen Kontrollen dabei gewesen, um mir einerseits vor Ort ein Bild machen zu können, wie die Kontrollen durchgeführt werden, und andererseits um die Betriebe und Kontrolleure persönlich kennen zu lernen.

**Ich konnte dabei feststellen, dass der Umgang mit den Betriebszuständigen sehr kundenfreundlich ist und die Kontrollen effektiv und effizient erfolgen, so wie wir uns das vorstellen.**

Parallel dazu ist die Delegation auch besser für die Entsorger- oder Recyclingbetriebe, da sie nur noch einmal konsolidiert geprüft werden und nicht mehr wie früher mehrfach durch Einzelkontrollen der verschiedenen Fachstellen des Kantons und von SWICO Recycling/SENS. So werden die gründlichen Kontrollen heute von SENS/SWICO Recycling effizient in weniger als einem halben Tag durchgeführt.

Auch wenn wir nicht dabei waren, sind wir dank den Kontrollprotokollen laufend über den aktuellen Stand sowie die Kontrollergebnisse informiert. Dementsprechend sind wir zufrieden.

**Der Gewinn liegt somit klar auf der Hand. Zum einen sparen sowohl wir vom Kanton als auch die kontrollierten Betriebe personelle Ressourcen, da nicht mehrfach kontrolliert wird und somit weniger Zeit benötigt wird.**

Dies aufgrund dessen, dass die umfassende Kontrollaufgabe des Kantons konsolidiert durch die Kontrolleure von SENS/SWICO Recycling erfüllt wird. Zum anderen werden die Betriebe durch die eingesetzte Checkliste nicht nur strukturiert, sondern auch auf Basis eines Standards einheitlich kontrolliert – was ausserdem auch der Wunsch der Betriebe beim Vollzug war und entsprechend zu Recht gefordert wurde, wird nun dank der Delegation zu einem grossen Grad auch umgesetzt.

Zum Schluss einer Kontrolle erhalten wir eine Rückmeldung über den Betriebszustand sowie mögliche offene Pendenzen, welche gleich schon für eine erneute Überprüfung terminiert werden. Sollten die SENS-/SWICO-Recycling-Kontrolleure vor Ort einen Missstand von hoher Umweltrelevanz feststellen, erfolgt eine sofortige Meldung an die zuständige kantonale Fachstelle. Diese kümmert sich in diesen Fällen für die Festlegung und die Umsetzung der notwendigen Massnahmen durch den Betrieb.

**Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit mit den beiden Systemen SENS und SWICO Recycling zusammenfassend?**

Ich beurteile die Zusammenarbeit als sehr offenes Teamwork, bei dem zwischen den Partnern die Informationen strukturiert hin- und herfliessen: sei dies beispielsweise in Bezug auf Änderungen bei SENS/SWICO Recycling, bei der Entsorgung oder bei spezifischen Recyclingverfahren oder in Bezug auf Bereiche oder Anliegen unsererseits, welche zum Beispiel gewisse Auswirkungen auf die Kontrolle haben – solche Abstimmungen fliessen jeweils direkt und unkompliziert in die Zusammenarbeit ein.

Es ist insgesamt eine sehr effektive und effiziente Zusammenarbeit, die man meiner Meinung nach kaum noch schlanker machen könnte, da die Delegation sehr gut strukturiert und aufgegleist ist. An der Jahressitzung tauschen wir uns einerseits über den aktuellen Stand der Dinge aus, zum Beispiel welche Betriebe vom Kanton bewilligt sind und welche von SENS/SWICO Recycling kontrolliert werden. Andererseits bestimmen wir, wann und wie diese Betriebe kontrolliert werden. Dies vor dem Hintergrund, dass die Zerlegerbetriebe im Zweijahresrhythmus, die Entsorger und Recycler im Einjahresrhythmus kontrolliert werden. Gemeinsam werden die entsprechenden Kontrollterminfenster festgelegt und der Kanton wird folgend angefragt, ob er bei einzelnen Terminen zusätzliche, eigene Fachvertreter mitschicken möchte. Unabhängig davon erhält der Kanton nach der Kontrolle die einzelnen Kontrollprotokolle.

**Mit dem jährlich erscheinenden Tätigkeitsbericht ergibt sich zudem für jeden Kanton die Möglichkeit, sich einen Überblick über das gesamte Jahr zu verschaffen. Auf dieser Grundlage werden in der Jahressitzung sowohl das Jahr insgesamt als auch einzelne positive oder negative Ereignisse einer Revue unterzogen, Erfahrungen diskutiert und mögliches Optimierungspotenzial sowie die zukünftigen Systemanforderungen abgestimmt.**

Meiner Meinung nach sind nicht nur der gesamte, strukturierte Ablauf, sondern auch die Kommunikation und der regelmässige Austausch unter den Partnern sehr gut.

**Welche Hauptanliegen und Erwartungen haben Sie für die zukünftige Zusammenarbeit?**

Die hohe bestehende Qualität und die effektive und gute Zusammenarbeit sollen wie bis anhin erhalten respektive weitergeführt werden, wobei wir diesbezüglich keinerlei Bedenken haben, dass sich dies verändern wird.

Neu hinzu kommt die Revision der VREG, welche in diesem Jahr in die Vernehmlassung gehen wird und dann auf 2013 oder 2014 in Kraft gesetzt wird. Welchen und inwieweit die Revision Einfluss auf die Zusammenarbeit haben wird, kann ich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschätzen. Hier werden wir sehen, ob es allenfalls gewisse Anpassungsmassnahmen braucht, welche wir jedoch zu gegebener Zeit mit SENS/SWICO Recycling abstimmen würden.

**Auch in Zukunft ist es auf jeden Fall wichtig und wesentlich, dass eine enge Zusammenarbeit mit allen Systembetreibern aufrechterhalten und gefördert wird. Denn es ist ja durchaus möglich, dass aufgrund der Revision der VREG weitere Systembetreiber auf den Markt kommen. In diesem Fall würde ich diesen sicherlich das Kontrollsystem von SENS/SWICO Recycling vorstellen und empfehlen, dass man auch mit ihnen eine entsprechende Delegationszusammenarbeit vereinbart.**

**Wie sehen Sie die Zukunft in der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten?**

Hier möchte ich mich vom spezifischen Fokus auf die Branchenlösung lösen und eher generell in Bezug auf die gesamte Recyclingbranche antworten: Hier besteht der Wunsch, dass die hohe Sammelmenge, die europaweit eindrücklich ist, gehalten bzw. wenn möglich gesteigert werden kann. Diesbezüglich gibt es schon einige Schwerpunkte, die bereits angegangen wurden, wie beispielsweise die Bemühungen der SWICO Recycling zur Steigerung der Recycling-Rate von Mobiltelefonen.

Dann geht es sicher auch darum, den hohen Entsorgungsstandard zu halten und nach Möglichkeit weiterzuentwickeln. Auch hier ist man europaweit führend, darum kann man auch in starkem Masse Inputs im WEEE-Gremium einbringen. Entsprechend sollte auch auf dieser Ebene wie bis anhin auf hohem Niveau und mit hohem Engagement weitergearbeitet werden.

Weiter hoffe ich, dass die angesprochene Revision der VREG einerseits dazu führt, dass man das leidige Thema der «Trittbrettfahrer» umfassender in den Griff bekommt, und andererseits, dass der Stand der Technik gemeinsam weiterentwickelt werden kann. Das ist etwas, was bisher meiner Meinung nach etwas suboptimal gelaufen ist, als dass SWICO Recycling/SENS die technischen Faktenblätter tendenziell in Eigenregie mit den europäischen Verbänden in entsprechenden Gremien weiterentwickelt hat, ohne dass der Bund oder die Kantone Einfluss nehmen oder Stellung beziehen konnten. Im Zuge der Revision der VREG wurde festgelegt, dass die Entsorgungsstandards zukünftig in gemeinsamer Absprache von Behörden und den betroffenen Partnern festgelegt werden. Das ist eine wichtige Chance, die wir sicher auch entsprechend nutzen werden.

Ein letzter Punkt ist ein Ausblick in die übergeordnete Thematik Abfall und Ressourcen: Hier müssen wir intensiv der Frage nachgehen, welche technischen Möglichkeiten uns zur Verfügung stehen, um die seltenen Metalle, die in allen modernen elektrischen und elektronischen Geräten enthalten sind, umfassend und effizient zurückgewinnen zu können. Dieser Punkt wurde im Revisionsentwurf der VREG entsprechend berücksichtigt.

**Herr Dr. Alois Villiger, wir bedanken uns ganz herzlich für dieses Gespräch.**

**Aufgaben des AWEL**

Das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) wirkt als Teil der Baudirektion des Kantons Zürich darauf hin, dass die Umweltbelastungen durch menschliche Tätigkeiten – auch bei einer wachsenden Wirtschaft – auf ein umweltverträgliches Mass reduziert werden und ein nachhaltiger Umgang mit den natürlichen Ressourcen gepflegt wird.

# Batterien und Kondensatoren: Gewusst wie viel

**Um das Recycling bei E+E-Geräten kontinuierlich verbessern und ausbauen zu können, ist die Verfügbarkeit von soliden Daten unerlässlich. Deshalb erhebt die SENS seit über zehn Jahren detaillierte Stoffflussdaten. Nun hat SENS die Daten umfassend analysieren und Benchmarks für Kondensatoren und in E+E-Geräten ermitteln lassen.**

Die Recycler in der Schweiz sind gemäss den technischen Vorschriften verpflichtet, Kondensatoren (ab einer definierten Grösse) und Batterien aus den gesammelten E+E-Geräten zu entfernen und getrennt zu erfassen. Diese Sortierung kann vor oder in geeigneten Anlagen auch während der mechanischen Verarbeitung erfolgen. In beiden Fällen ist es eine manuelle Tätigkeit, bei der die Kondensatoren und Batterien von Hand aus dem Abfallstrom entfernt werden. Alle Recycler liefern den Kontrollstellen jährlich ihre Daten über die Menge entfernter Batterien und Kondensatoren. Anhand dieser Daten können die Kontrollexperten überprüfen, wie gut ein Recycler die Geräte im Vergleich zu den anderen Recyclern entfrachtet. Um die Zuverlässigkeit dieser Zahlen zu prüfen und um eine solide Grundlage für den weiteren Ausbau von nachhaltigen Recyclingmassnahmen zu schaffen, hat das büro für umweltchemie im Auftrag der SENS die Daten aus den letzten zehn Jahren Stoffflusserfassung analysiert[1)].

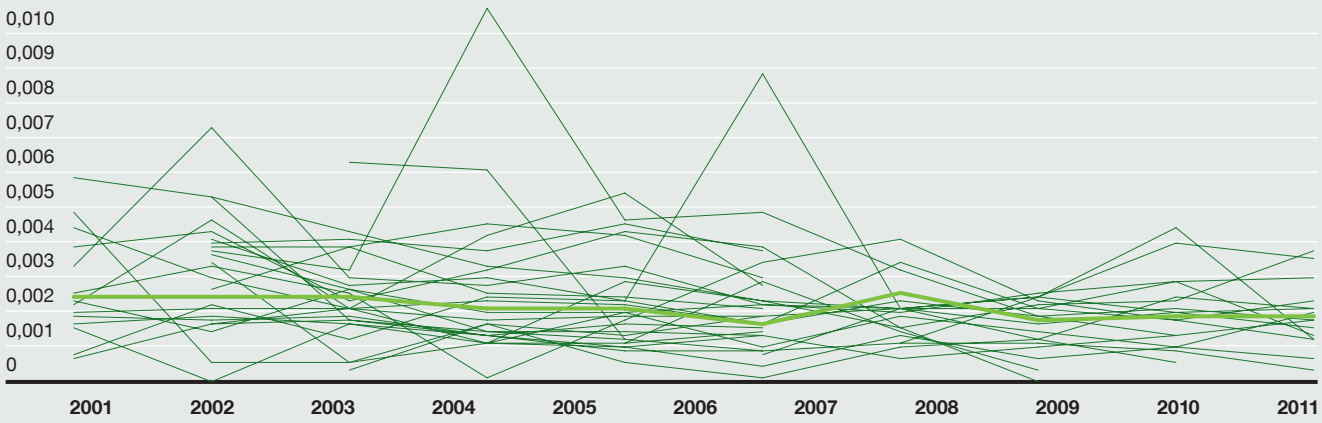
[1)] Der vollständige Bericht kann bei den Autoren bezogen werden: d.savi@umweltchemie.ch

Die Werte schwanken über die Jahre in erheblichem Masse (vgl. Beispiel Kondensatoren in → Abbildung 1). Dafür können verschiedene Faktoren verantwortlich sein:

- Die Zusammensetzung der verarbeiteten Geräte kann von Recycler zu Recycler sehr verschieden sein
- Die Entfrachtung wird in der Praxis unterschiedlich gehandhabt
- Die Erfassungssysteme unterscheiden sich von Betrieb zu Betrieb

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreswerten der Betriebe (mit dunkelgrüner Linie verbundene Punkte) in → Abbildung 1 sind beachtlich. Der Mittelwert hingegen (hellgrüne, dickere Linie) variiert über die betreffenden zehn Jahre in geringem Masse. Mit Hilfe von statistischen Methoden wurde die Verteilung der gemeldeten Werte analysiert und daraus der wahrscheinlichste Wert für den Kondensatoren- und den Batterienanteil in den Geräten abgeleitet. Nicht plausible Einzelwerte, die offensichtlich das Ergebnis von Erfassungsfehlern sind, wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

**Abbildung 1: Verhältnis entfernter Kondensatoren zu den verarbeiteten Geräten insgesamt (Kennwerte) einzelner Recycler und als Durchschnitt aller[2)]**

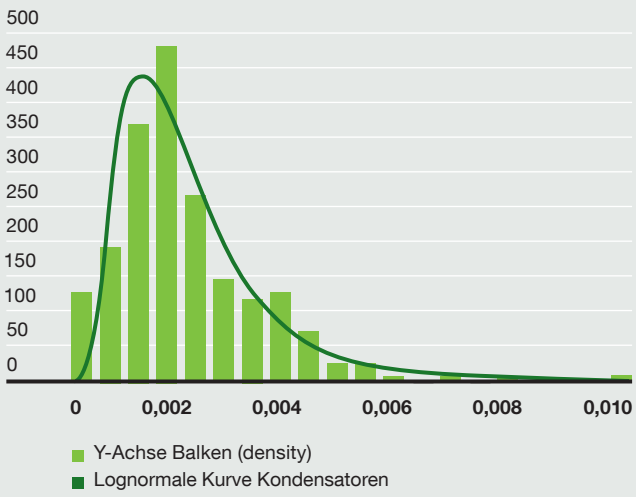



[2)] Die Kühlgeräte und Leuchtmittel werden bei den verarbeiteten Geräten nicht gezählt, da sie keine Kondensatoren enthalten.

### Übereinstimmung bei den Werten

Eine geeignete Darstellung für eine Verteilung ist das Histogramm (vgl. Beispiel Kondensatoren in → Abbildung 2). Im Histogramm ist zu sehen, dass die meisten Werte zwischen 0,001 und 0,002 liegen (hellgrüne Balken). Doch auch grössere und kleinere Werte kommen vor. Die dunkelgrüne Linie zeigt die angepasste lognormale Verteilung. Diese liegt theoretisch vor, wenn viele unabhängige Werte gemessen werden, die immer grösser als Null sind. Aus der → Abbildung 2 ist zu erkennen, dass die Messwerte gut mit der lognormalen Verteilung übereinstimmen.

**Abbildung 2: Häufigkeitsdarstellung der Kondensatoren-Kennwerte[3] aller Recycler über 10 Jahre (Total 217 Kennwerte)**
Dichte versus entfrachtete Kondensatoren




[3] Als Kennwert wird das Verhältnis von entfernten Kondensatoren zur gesamten Menge verarbeiteter Geräte (ohne Kühlgeräte und Leuchtmittel) pro Jahr oder pro Batch bezeichnet.

### Benchmarks und Interventionswerte

Aus der statistischen Analyse können die wahrscheinlichsten Anteile von Kondensatoren und Batterien in Elektro- und Elektronikgeräten hergeleitet werden. Diese Anteile können als Benchmark (Orientierungswert) für die Entfrachtung von Kondensatoren und Batterien herangezogen werden. Jeder Recycler sollte sich an diesen Benchmarks orientieren, wenn er seine Leistung in Bezug auf entfernte Batterien und Kondensatoren beurteilt. Wenn ein Recycler diese Benchmarks deutlich unter- oder überschreitet, so ist eine Überprüfung der Entfrachtung und des Erfassungssystems beim Recycler angezeigt, da mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Problem bei der Entfrachtung oder der Datenerfassung vorliegt. Die entsprechenden Interventionswerte sind auf → Abbildung 3 aufgeführt. Die Spanne zwischen oberem und unterem Interventionswert berücksichtigt die von Recycler zu Recycler und von Jahr zu Jahr unterschiedliche Zusammensetzung der verarbeiteten Elektro- und Elektronikgeräte und auch die schwankende Menge an Kondensatoren und Batterien in den Geräten.

### Aus welchen Geräten stammen die entfrachteten Batterien?

Unabhängig von der Erfassung der Jahresstoffflüsse führen die Kontrollstellen sogenannte Batchversuche bei den Recyclern durch. Ein Batchversuch ist eine kontrollierte Verarbeitung während eines Tages. Dabei wird der Input genau bestimmt und alle Outputs aus der Verarbeitung werden gemessen. Die Batchversuche liefern darum auch Kennwerte über den Anteil Batterien (oder Kondensatoren) in den Geräten. Da die Batchversuche für die Verarbeitung von Haushaltgrossgeräten, SENS-kg-Ware und Elektronikgeräte getrennt erfolgen, liefern

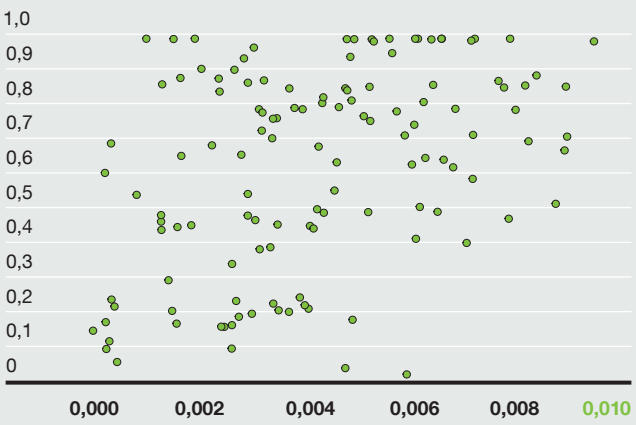
**Abbildung 3: Benchmark und Interventionswerte für Batterien und Kondensatoren**

| Bauteil | Interventionswert | Benchmark |
|---|---|---|
| **Batterien** | 0,23 %/0,68 % | 0,45 % |
| **Kondensatoren** | 0,09 %/0,27 % | 0,18 % |

sie spezifische Werte für alle drei Gerätekategorien. Im Gegensatz dazu kann aus den Jahresstoffflussaufzeichnungen nicht unterschieden werden, aus welchen Gerätekategorien die Batterien stammen. Wie kaum anders zu erwarten, finden sich in den Batchversuchen praktisch keine Batterien in den Haushaltgrossgeräten. Es gibt allerdings Diskrepanzen zwischen den Ergebnissen aus den Jahreskennwerten und denjenigen aus den Batchversuchen, die eine weitergehende Analyse erfordern.

Eine Analyse der im Jahresstoffffluss gemeldeten entfrachteten Batterien im Vergleich zum Anteil der verarbeiteten Kleingeräte (SENS-kg-Ware + SWICO-Geräte) zeigt nur eine schwache Korrelation zwischen den beiden Grössen → Abbildung 4. Recycler, die kaum Kleingeräte verarbeiten, müssten entsprechend kaum separate Batterien aus E+E-Geräten haben, während Recycler, die viele Kleingeräte verarbeiten, auch viele Batterien ausweisen sollten. Offenbar ist diese Inputabhängigkeit nicht sehr ausgeprägt, und es überwiegen andere Faktoren bei der Entfrachtung und der Datenerfassung.

**Abbildung 4: Gegenüberstellung von Jahres-Kennwerten der entfernten Batterien zum Anteil Kleingeräte im gesamten Geräteinput von Recyclern**
Anteil Kleingeräte/Alle Geräte versus Entfrachtete Batterien total




**Fazit: Gutes bestehendes Erfassungssystem**

Alles in allem darf festgestellt werden, dass sich die Kennzahlen sehr gut eignen, um die Schadstoffentfrachtung und die Stoffflusserfassung beim Recycler zu überprüfen und falls nötig Massnahmen zur Verbesserung zu ergreifen. Das Erfassungssystem für die Kennzahlen wurde in der Schweiz nun seit über zehn Jahren optimiert. Es hat auch auf europäischer Ebene derart überzeugt, dass es im europäischen WEEELABEX-Standard (siehe Bericht Seite 20) implementiert wurde. Mit den vorgestellten Benchmarks und Interventionswerten stehen den Recyclern und den Kontrollstellen künftig auch konkrete Zahlenwerte zur Verfügung, anhand deren die Qualität der Schadstoffentfrachtung und deren Erfassung beurteilt werden kann.

**Ueli Kasser**

Chemiker, dipl. chem./lic. phil. nat. an der Universität Bern und der ETH Zürich sowie Nachdiplomkurse (INDEL, Nachdiplomkurs über Probleme der Entwicklungsländer). Nachdem er zuerst als freier Mitarbeiter in den Bereichen Radioökologie, Ökotoxikologie und Arbeitshygiene tätig war, wurde er Mitinhaber von ökoscience – Beratungsbüro für angewandte Ökologie in Zürich sowie Projektleiter in den Bereichen Lufthygiene, Umweltberatung und Ökotoxikologie. Bis heute ist Ueli Kasser Inhaber des «büro für umweltchemie» in Zürich, welches auf Beratungen im Bereich Abfall, Chemikaliensicherheit, Baustoffökologie und Innenraumluftqualität spezialisiert ist. Neben seiner Lehrtätigkeit ist er Auditor für Umweltmanagementsysteme ISO 14001. Seit Mitte der Neunzigerjahre ist Ueli Kasser Kontrollexperte für Recyclingbetriebe im Auftrag der SENS, erarbeitete die Standards und Richtlinien für die Kontrolltätigkeit und ist Vertreter der SENS im Europäischen Verband sowie Consultant im Europäischen Normenprojekt WEEELABEX.

# Dem Quecksilber auf den Grund gegangen

**Beim umweltgerechten Wiederverwerten von Rohstoffen ist es grundlegend, diese frei von Giftstoffen extrahieren zu können. Namentlich Quecksilber stellt unterschiedliche Verfahren zum Recycling von Leuchtmitteln vor grosse Herausforderungen. Eine gemeinsame Studie der SENS und der Stiftung Licht Recycling Schweiz gibt neue Aufschlüsse.**

Die SENS hat im Zeitraum von 2008 bis 2010 gemeinsam mit der Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) eine Studie zur Umweltverträglichkeit der unterschiedlichen Leuchtmittel-Recyclingverfahren durchgeführt. Im Mittelpunkt der Arbeit stand neben Aspekten zur adäquaten Probenahme- und Aufbereitungsmethodik sowie Analytik vor allem die Frage nach der Verteilung des Quecksilbers in den Output-Fraktionen der stabförmigen Leuchtmittel.

### Basis für eine umweltgerechte Rohstoffverwendung

Die Studie hat bestätigt, dass Quecksilber nicht nur in bekanntermassen belasteten Schadfraktionen akkumuliert, sondern auch in der Aluminium-Endkappenfraktion, welche recycelt wird. Grund hierfür sind stark belastete Fremdteile und Anhaftungen, deren künftige Abtrennung durch verfahrenstechnische Verbesserungen erreicht werden soll. Bei den weiteren Recyclingfraktionen, allen voran der Glasfraktion, stellen sich grundsätzlich kaum Probleme hinsichtlich einer umweltgerechten Rohstoff-Wiederverwendung. Allerdings musste ein Verfahren als unbefriedigend eingestuft werden, bei dem insgesamt zu viel Quecksilber in als Sekundärrohstoffen verwendeten Fraktionen abgeschieden wird.

### Gesamthaft rund 80 Kilogramm Quecksilber

Abklärungen zur Gesamt-Quecksilberfracht ergaben bei einer Verarbeitung von rund 800 Jahrestonnen stabförmiger Leuchtmittel rechnerisch ca. 80 kg Quecksilber (Hg) im Input, wovon ca. 10 kg in Wert- und 20 kg in Schadfraktionen wiedergefunden wurden (Fraktionen, die direkt aus dem Input stammen). Der Rest von ca. 50 kg absorbiert mutmasslich in den Aktivkohlefiltern, was beispielsweise mit Messungen der Prozessabluft geprüft werden könnte. Insgesamt hat es sich bestätigt, dass der effizienten Extrahierung von Quecksilber eine entscheidende Bedeutung zukommt, um das Ziel einer letztlich vollständigen Wiederverwertung der in Leuchtmitteln enthaltenen Wertstoffe zu erreichen.

**Geri Hug**

Nach dem Chemiestudium und anschliessender Dissertation am Organisch-chemischen Institut der Universität Zürich war Geri Hug wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei Roos+Partner AG in Luzern. Seit 1994 ist er Partner, ab 1997 auch Geschäftsführer der Roos+Partner AG. Neben Umweltberatung in 15 Branchen gemäss EAC-Codes begleitet er ebenso Umweltaudits und Umweltverträglichkeitsberichte gemäss UVPV. Weiter erstellt Geri Hug Kurzberichte und Risikoanalysen nach StFV, Betriebs- und Produkteökobilanzen und validiert Umweltberichte. Geri Hug ist Kontrollbeauftragter der SENS für den Bereich Elektro- und Elektronikentsorgung sowie Lead Auditor für Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001 bei der SGS.

**Quecksilber**

Quecksilber (chemisches Symbol Hg) birgt für den Menschen vor allem beim Einatmen die grösste Gefahr, daneben kann es über die Haut in den Körper gelangen und das Zentralnervensystem schädigen. Auch sind negative Auswirkungen auf das Immunsystem bekannt. Neben der akuten und chronischen Humantoxizität von elementarem Quecksilber liegt der Fokus auf der hohen Giftigkeit von Methylquecksilber für Wasserorganismen. Aus diesen Gründen kommen bei der Herstellung und Entsorgung quecksilberhaltiger Produkte Anstrengungen zur Vermeidung oder Verminderung respektive Ausschleusung aus dem Stoffkreislauf grösste Bedeutung zu.

Das in Leuchtstoffröhren enthaltene Quecksilber liegt vorwiegend in elementarer, flüssiger Form vor. Während der Nutzung zirkuliert es als Metalldampf und gibt dabei in seiner Funktion als lichtemittierende Substanz ultraviolette Strahlung ab, die von der Leuchtmittelbeschichtung auf der Innenseite der Röhre absorbiert wird und wodurch diese weisses Licht aussendet. Je nach Herstellungszeitpunkt enthalten Leuchtstoffröhren im Schnitt ca. 5 bis 20 mg Quecksilber.

## Internationale Links

→ **www.ewasteguide.info**
Eine Informations- und Quellensammlung rund um das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten. Initiiert wurde diese Wissensbasis vom Schweizer Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO). Die Umsetzung erfolgte durch die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa).

→ **www.weee-forum.org**
Das WEEE-Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) ist der europäische Verband von 41 Systemen zur Sammlung und zum Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten. Seine Aufgabe liegt in der Bereitstellung und Pflege einer Kompetenzplattform zur Kooperation und zum Austausch von bewährten Praktiken.

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

→ **www.basel.int**
Das Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung (Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal) vom 22. März 1989 ist auch als Basler Konvention bekannt. Das internationale Umweltabkommen entstand nach dem Bekanntwerden von gravierenden Missständen bei der Abschiebung von Giftmüll in Entwicklungsländer.

## Nationale Links

→ **www.sens.ch**
Der Fokus der unabhängigen und nicht gewinnorientierten Stiftung liegt auf der Rücknahme, dem Recycling und der Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten der Bereiche Haushaltklein- und Haushaltgrossgeräte, Kühlgeräte, Bau-, Garten- und Hobbygeräte sowie Spielwaren.

→ **www.swicorecycling.ch**
SWICO Recycling ist eine neutrale, nicht gewinnorientierte Kommission des Schweizerischen Wirtschaftsverbandes der Anbieter von Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik. Der Fokus von SWICO Recycling richtet sich auf Geräte aus den Bereichen Informatik, Unterhaltungselektronik, Büro, Telekommunikation, grafische Industrie sowie Mess- und Medizinaltechnik, wie beispielsweise Kopierer, Drucker, Fernsehapparate, MP3- und MP4-Player, Handys, Fotokameras etc.

→ **www.slrs.ch**
Die Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) organisiert die flächendeckende Entsorgung von Leuchtmitteln und Leuchten in der ganzen Schweiz. Zum Tätigkeitsbereich der SLRS gehören unter anderem die Schulung und Sensibilisierung der Marktteilnehmer in Bezug auf das Recycling von Leuchtmitteln und Leuchten sowie die Information aller relevanten Ansprechgruppen.

→ **www.e-waste.ch**
Eine Übersicht der Schweizer Akteure beim Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten. Im Weiteren enthält diese (einzig auf Englisch verfügbare) Website eine Reihe von Informationen rund um das Thema Recycling von E+E-Geräten. Dazu gehören auch politische Beschlüsse und ein historischer Abriss.

→ **www.swissrecycling.ch**
Swiss Recycling fördert als Dachorganisation die Interessen aller in der Separatsammlung tätigen Recycling-Organisationen in der Schweiz. Die daraus entstehende Vernetzung ermöglicht den Erfahrungsaustausch unter den Mitgliedern und fördert die Entstehung von Synergien.

→ **www.empa.ch**
Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) ist eine schweizerische Forschungsinstitution für anwendungsorientierte Materialwissenschaften und Technologie. Zu ihrem Forschungsbereich zählen die Themen Stoffkreisläufe, Gewinnung von Sekundärrohstoffen sowie umweltgerechtes Recycling.

## Behörden und Bund

→ **www.bafu.admin.ch**
Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) bietet auf seiner Website unter «Abfall» eine Reihe von weiterführenden Informationen und Nachrichten zum Thema Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

## Kantone mit delegiertem Vollzug

→ **www.awel.zh.ch**
Auf der Website vom Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) finden sich unter «Abfall, Rohstoffe & Altlasten» eine Reihe von Informationen, welche für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten von direkter Bedeutung sind.

→ **www.ag.ch/bvu**
Die Website vom Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau bietet unter «Umwelt, Natur & Landschaft» weiterführende Informationen, welche auch die Themen Recycling und Verwertung von Rohstoffen betreffen.

→ **www.umwelt.tg.ch**
Auf der Website vom Amt für Umwelt des Kantons Thurgau finden sich unter «Abfall» die regional relevanten Informationen zum Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten.

## Kontakt

**SENS**
Obstgartenstrasse 28
8006 Zürich
Telefon +41 43 255 20 00
Fax +41 43 255 20 01
E-Mail info@sens.ch
→ **www.sens.ch**

**Technische Kontrollstelle SENS**
Koordination TK-SENS
Roman Eppenberger
Obstgartenstrasse 28
8006 Zürich
Telefon +41 43 255 20 00
Fax +41 43 255 20 01
E-Mail roman.eppenberger@sens.ch

**SWICO Recycling**
Hardturmstrasse 103
8005 Zürich
Telefon +41 44 446 90 94
Fax +41 44 446 90 91
E-Mail info@swicorecycling.ch
→ **www.swicorecycling.ch**

**Technische Kontrollstelle SWICO Recycling**
c/o Empa
Koordination TK SWICO Recycling
Heinz Böni
Abteilung Technologie und Gesellschaft
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen
Telefon +41 58 765 78 58
Fax +41 58 765 58 62
E-Mail heinz.boeni@empa.ch

**Stiftung Licht Recycling Schweiz SLRS**
Altenbergstrasse 29
Postfach 686
3000 Bern 8
Telefon +41 31 313 88 12
Fax +41 43 31 313 88 99
E-Mail info@slrs.ch
→ **www.slrs.ch**

## Impressum

**Herausgeberin**
Stiftung SENS
SWICO Recycling
Stiftung Licht Recycling Schweiz SLRS

**Lektorat**
ManRey Übersetzungen GmbH, Baden

**Bilder**
Titelbilder
iStockphoto und fotolia
Seite 17
Rolf Widmer, Empa
Seite 29
iStockphoto

**Konzept/Layout**
advertising, art & ideas ltd.

**Druck**
Druckmanufaktur, Urdorf

FSC www.fsc.org MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C004261

ClimatePartner klimaneutral gedruckt
Die CO2-Emissionen dieses Produkts wurden durch CO2-Emissionszertifikate ausgeglichen.
Zertifikatsnummer: 011-53164-0112-1014
www.climatepartner.com

Gedruckt auf Amber Graphic Offset, FSC Mix

**Auflage**
660

Der Fachbericht erscheint auf Deutsch, Englisch, Französisch und ist unter → www.sens.ch, → www.swicorecycling.ch und → www.slrs.ch als PDF abrufbar.

© 2012 SENS/SWICO Recycling/SLRS
Abdruck erwünscht mit Quellenangabe und Belegexemplar an die SENS/SWICO Recycling/SLRS

## Referenzen

**Seite 16**
Lubick, N. (2012) Plastic's Polluted Burden: ES&T's Top Policy Analysis Article 2011. 46 (7), 3607–3608. DOI: 10.1021/es300731n

Schnoor, J.L. (2012) Top Papers of 2011: Recognizing our Finest. Environ. Sci. Technol. 46 (7), 3601–3602. DOI: 10.1021/es300795m

Wäger, P., Schluep, M., Müller, E. und Gloor, R. (2012) RoHS regulated Substances in Mixed Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. Environ. Sci. Technol., 2012, 46 (2), 628–635, DOI: 10.1021/es202518n

SENS

SWICO
recycling

SLRS