



Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Entwicklungstendenzen bei Sonderabfällen aus Elektro- und Elektronikschrott

Heinz Böni

Leiter Technologiekooperation
Leiter Technische Kontrollstelle SWICO Recycling



Inhalt



1. Elektro- und Elektronikschrott im Jahre 2009

- Mengen und Zusammensetzung
- Entwicklungen

2. Einige Beispiele

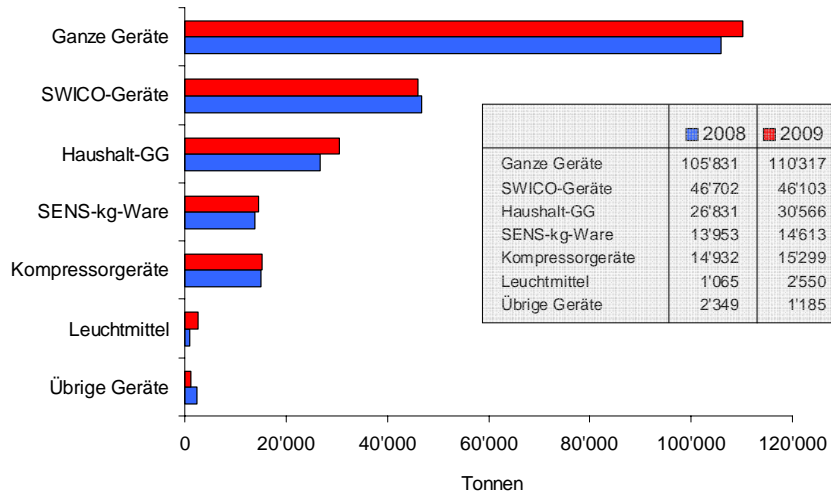
- Kondensatoren
- Kunststoffe
- Hintergrundbeleuchtungen aus Flachbildschirmen

3. Entwicklungsperspektiven

Elektro- und Elektronikschrott im Jahre 2009



Gesamthft verarbeitete Mengen 2008 und 2009



Quelle: Vorläufige Zahlen Swico/SENS; Zahlen SWICO ohne A-Teilnehmer

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Elektro- und Elektronikschrott im Jahre 2009



Mengen SWICO Recycling 2009

	Anzahl	Durchschnitts- gewicht (in Kilogramm)	Metalle (in Tonnen)	Kunststoffe (in Tonnen)	Metall- Kunststoff- Gemische (in Tonnen)	Kabel (in Tonnen)	Glas- und/oder LCD-Module (in Tonnen)	Leiterplatten (in Tonnen)	Schadstoffe (in Tonnen)	Weiteres ²⁾ (in Tonnen)	Total (in Tonnen)	Zu-/Abnahme gegenüber 2008
CRT-Fernsehgeräte	334'352	29,82	972	2'207	260	13	6'440	-	12	-	9'904	+23,1%
UE, gemischt ¹⁾	995'723	4,84	2'642	988	707	130	12	93	58	186	4'816	-7,9%
CRT-Monitore	298'057	17,82	521	1'183	140	7	3'453	-	6	-	5'310	-8,6%
LCD-Monitore	312'844	6,36	850	476	-	8	500	138	6	9	1'987	+122,9%
PC/Server	481'488	14,01	5'550	388	18	207	-	563	22	-	6'748	+14,5%
Laptops	241'965	3,2	299	187	58	9	67	115	30	7	772	+16,6%
Drucker	497'851	9,93	1'866	2'722	176	24	5	68	2	83	4'946	+4,7%
Grossgeräte/Kopierer ²⁾	23'952	124	2'329	222	210	44	34	77	2	52	2'970	-8,4%
Übrige Geräte	-	-	8'328	3'111	2'227	410	38	292	176	589	15'170	-6,7%
Total in Tonnen			23'357	11'484	3'796	852	10'549	1'346	314	925	52'623	+3,7%
Total in Prozent			44,4%	21,8%	7,2%	1,6%	20,0%	2,6%	0,6%	1,8%		

¹⁾Unterhaltungselektronik, gemischt, ohne Geräte.

²⁾Darunter nur Grosskopierer enthalten.

³⁾Verpackungs- und andere Abfälle, Tonerkartuschen.

Quelle: SWICO Tätigkeitsbericht 2009

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Elektro- und Elektronikschrott im Jahre 2009



Zusammensetzung einzelner Kategorien 2009

Quelle: SWICO Tätigkeitsbericht 2009

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Elektro- und Elektronikschrott im Jahre 2009



Kategorisierung gemäss Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen

(Stand 1. Januar 2010)

LVA-Code		Komponenten / Fraktion
16 02 10	S	Gebrauchte Geräte, die PCB enthalten oder damit verunreinigt sind, mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 fallen
16 02 12	S	Gebrauchte Geräte die freies Asbest enthalten
16 02 15	S	Aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile
		Darunter fallen: Getripillen Leuchtstoffe aus Bildröhren Glas mit gefährlichen Verunreinigungen Bildröhrenglas bleihaltig (Konusglas) Radioaktive Bauteile Isolationsschäume FCKW-haltig LCD mit Hintergrundbeleuchtung Leiterplatten mit gefährlichen Bestandteilen Photoleitertrommeln selen- oder cadmiumhaltig Öle aus Kompressorgeräten
16 06 98	S	Gemische von Batterien und Akkumulatoren
19 10 03	S	Nichtmetallischer Shredderabfälle (RESH)
19 12 11	S	Sonstige Abfälle (einschliesslich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten
		Mischkunststoffe mit Flammschutzmittel Penta/Octa/DecaBDE > 0.1%, Cd ≥ 0.01% *
19 12 97	S	Isolationsrückstände aus der Verwertung von Kabeln
20 01 21 ¹⁰⁾	S	Quecksilberhaltige Leuchtmittel
20 01 94	S	Quecksilberhaltige Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21 fallen
		Darunter fallen: Quecksilberschalter

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Elektro- und Elektronikschrott im Jahre 2009



	2003	2006	2009	Wachstum/a
verarbeitete Mengen [t]	68'790	96'382	110'430	+ 8%/a
erzeugte Fraktionen	71'216	96'232	111'480	
Schadstoffe/Sonderabfälle	444	606	1'009	+ 15%/a
Wertstoffe	62'196	81'223	95'676	86,64%
Fraktionen Kühlgerätezerlegung	8'576	14'403	14'795	13,40%
Schadstoffe/Sonderabfälle				
Batterien / Akkus trocken	152,46	157,66	183	0,17%
flüssig (ohne Autob.)	74,84	185,38	175	0,16%
Kondensatoren	109	120	133	+ 6%/a
PCB-haltig/vivax	0,14%	0,12%	0,13%	
PCB-frei	0,32%	0,09%	0,03%	
Hg-haltige Teile	0,19	0,11	0,08	0,00%
Teile gesamthaft	0,01	0,00%	0	0,00%
nur Quecksilber	0,17	0,12	0	0,00%
Leuchtschicht aus Bildröhren	0,12	-7,1	10	0,01%
Getterpillen GP & KSE	1,78	1,01	0,26	0,00%
nur Getterpillen	2,64	1,13	0,37	0,00%
Selentrommeln Trommel & Schicht	0	0,77	0	0,00%
nur Se-Schicht	0,04	0,44	0,72	+ 139%/a
Asbest Gesteine mit Asbest	0,00%	0,00%	0,00%	
nur Asbest	0,00%	0,00%	0,01%	
Anderes	103,37	145,02	479,9	0,43%
TOTAL	444	606	1'009	0,91%
Wertstoffe				
Metalle & Kunststoff Geräte, entfrachtet	3'903	6'559	-1'071	-0,97%
Metalle	33'680	38'800	51'331	46,48%
Gemisch., Auftrichtung	9,01%	8,40%	8,64%	
Gemisch., Verbrennung	4,54%	7,92%	4,54%	
Kunststoffe	9,66%	6,07%	13,75%	+ 9%/a
Kabel	969	1'638	1'562	1,41%
Tonerkartuschen / (Farb-)Toner	-176	77	383	0,35%
LCD-Anzeigen	2,47	5,24	48	+ 64%/a
inkl. Gehäuse	0,00%	0,00%	0,03%	
Flachbildschirmabfälle	0,00%	0,00%	0,02%	
Bildröhren ganze Bildröhren	5'781	8'741	9'911	8,97%
Frontglas	150	367	1	0,00%
Konusglas	86	234	43	0,04%
Leiterplatten	902	999	979	0,89%
Übrige Stoffe	797	2'216	5'059	4,58%
TOTAL	62'196	81'223	95'676	86,64%

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Einige Beispiele



- **Kondensatoren**
(Projekt SWICO/SENS/SLRS 2006-07)



- **Kunststoffe**
(Projekt SWICO/SENS/WEEE-Forum 2007-10)



- **Flachbildschirme**
(Projekt SWICO 2009-10)



Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Anteil PCB-haltiger Kondensatoren



Nr.	Herkunft Gerätekategorien	Mittleres Gewicht [g]	Anzahl K. Stichprobe [-]	Anzahl K. PCB-haltig [-]	Anteil [%]	Vergleich BUWAL 1994 [%]
Haushaltgrossgeräte (HHGG), -kleingeräte (HHKG)						
1	HHGG-Mix	150	2'767	10-114	0.4-4.1	8.4
2	Geschirrspüler	150	147	<1	<0.1	4.2
3	HHKG-Mix, ohne Mikrowellengeräte	80	163	<1	<0.1	1.4
4	Mikrowellengeräte	225	222	<1	<0.1	-
5	Kühlgeräte	100	1'480	<1	<0.1	0.5
IT-Geräte und Unterhaltungselektronik (UE) / USV						
6	FL-Leuchten	120	508	31-318	6.1-62.6	68.5
7	IT/UE: Kondensatoren < 1 cm	10	2'100	<1	<0.1	2.5
8	IT/UE: Kondensatoren 1-2.5 cm	20	16'100	3	<0.1	
9	IT/UE: Kondensatoren > 2.5 cm	40	3'125	8-15	0.3-0.5	
10	USV-Anlagen	500	534	<1	<0.1	-

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

PCB-Jahresfrachten aus Elektro- und Elektronikgeräten



Herkunft Gerätekategorie	Kondensatoren 2006 [t]	PCB-Gehalt [mg/kg]	PCB-Frachten 2006 [kg/a]
HHGG	62	1'500-16'500	Ca. 90-1'020
HHKG	51	350-440	Ca. 20
FL-Leuchten	13	24'500-250'000	Ca. 330-3'330
Kühlgeräte	1.5	5	0
IT/UE	33	1'080-1'900	Ca. 40-60
Total			Ca. 500-4'400

Man kann davon ausgehen, dass bereits über **99%** der je in elektrischen oder elektronischen Geräten eingesetzten **PCB-Kondensatoren entsorgt** wurden.

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

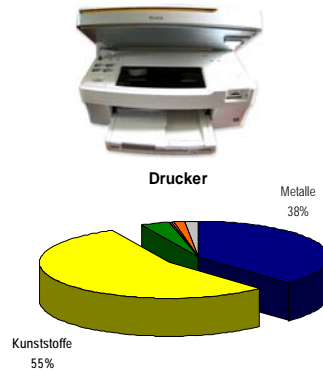
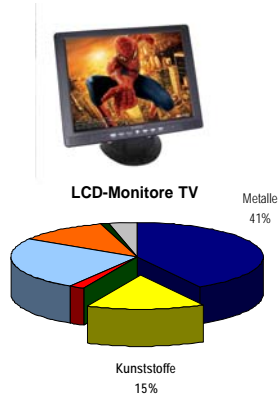
- **Massnahmen** zur kontrollierten **Entsorgung von FL-Leuchten** v.a. aus dem B2B-Kanal
- **Keine Änderung der Reglemente und Richtlinien von SENS und SWICO** sind in Bezug auf die Entfernung von Kondensatoren aus Elektro- und Elektronikaltgeräten
- **Analyse von PCB** in Gemischen von Altkondensatoren ist heikel. Für die Extraktion von PCB und die Auftrennung der Kongenere sind Kontroll- und **qualitätssichernde Massnahmen** zu treffen.
- **Folgenprojekt** zur spezifischen Untersuchung von **PCB-Ersatzstoffen und Elektrolyten**; Ergebnisse aus dem Folgeprojekt sollen Risikoabschätzungen und Kosten/Nutzen-Abwägungen von Kondensatorentfernungen ermöglichen **Folgeuntersuchungen im Jahr 2010**



- **Kondensatoren**
(Projekt SWICO/SENS/SLRS 2006-07)
- **Kunststoffe**
(Projekt SWICO/SENS/WEEE-Forum 2007-10)
- **Flachbildschirme**
(Projekt SWICO 2009-10)



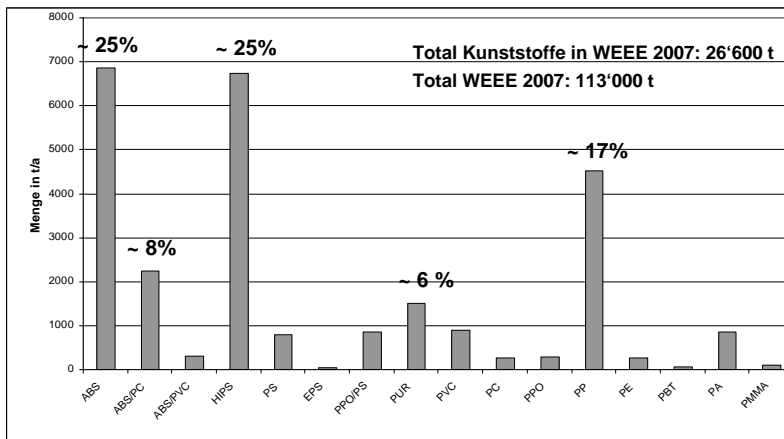
Kunststoffe aus WEEE



- Im Schnitt sind ca. 22% des Elektronikschrottes Kunststoffe !
- 2007 waren es rund 26'600 t
- bis 2007 vornehmlich Entsorgung in KVA
- seit 2 Jahren steigende Anteile in die Kunststoffverwertung

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

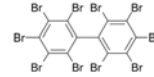
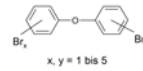
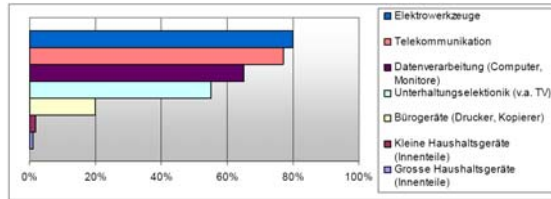
Kunststoffe aus WEEE



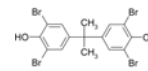
Wäger P., Böni H., Schlupe M., Streicher M., Buser A., Morf L. (2009). Verwertung von Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikgeräten – Schlussbericht Teilprojekt 1.

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Anteil an flammgeschützten Kunststoffen in WEEE



→ rund ein Viertel bezogen auf alle WEEE-Kategorien



APME (2001) Plastics – A material of innovation for the electrical and electronic industry.
 Harant, M. (2002) Umweltrelevante Inhaltsstoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg.
 Huismans et al. (2008) Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). UN University.

RoHS-Direktive

	Cd	Cr(VI)	Hg	Pb	PBB	PBDE
RoHS - Grenzwert	0.01%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

- verboten seit 1. Juli 2006: Cd, Cr(VI), Hg, Pb; PBB; PentaBDE, OctaBDE
- verboten seit 1. Juli 2008: DecaBDE

POPs Konvention

- Penta- und OctaBDE im Mai 2009 in Anhang A aufgenommen!

WEEE-Direktive

- bromierte Flammschutzmittel enthaltende Kunststoffe müssen vor dem Recycling aus WEEE abgetrennt werden (Anhang 2)

■ **Chemikalien-Risiko-Reduktionsverordnung (ChemRRV)**

→ es gelten die RoHS-Grenzwerte

■ **Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)**

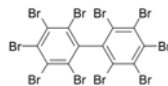
Penta BDE Octa BDE DecaBDE	Cd	LVA Code	Bezeichnung	Klassierung
> 0.1 %	≥ 0.01 %	19 12 11	Sonstige Abfälle (einschliesslich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten	[S]
≤ 0.1 %	< 0.01 %	19 12 04	Kunststoff und Gummi	[-]

■ **Für eine Förderung der stofflichen Verwertung sprechen u.a.**

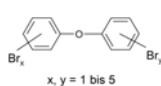
- Erhöhung der in der WEEE-Direktive festgelegten Recyclingquoten
- Reduktion der Entsorgungskosten

■ **Gegen ein Förderung der stofflichen Verwertung sprechen u.a.**

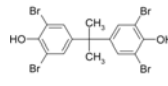
- Dissipation und Emission von Schadstoffen
- bromierte Flammschutzmittel (BFR, brominated flame retardants):



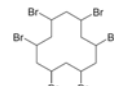
PBB (z.B: Octa- und DecaBB)



PBDE (z.B. Penta-, Octa- und DecaBDE)



TBPPA



HBCD

...

andere

- phosphororganische Verbindungen
- Schwermetalle: Blei, Cadmium, Chrom (VI), Quecksilber

Resultate des ersten Teilprojektes



- Für jede Gerätekategorie lassen sich einige **mengenmäßig dominante Kunststofftypen** identifizieren
 - U-Elektronik / TV-Geräte → *HIPS, ABS*
 - IT-Geräte → *ABS, HIPS*
 - Elektrogrossgeräte → *PP, PUR*
 - Elektrokleingeräte → *PP, HIPS*
 - Kühlgeräte → *ABS, HIPS, PUR*
- Einige der in der RoHS geregelte Schadstoffe kommen (in bestimmten WEEE-Kunststoff-typen und -gerätekategorien) in Konzentrationen **im Bereich oder über dem RoHS-Grenzwert** vor
 - Cadmium, OctaBDE und DecaBDE; *Primäre Schadstoffträger*:
 - ABS, HIPS (abhängig von der Gerätekategorie) und PVC (unabhängig von der Gerätekategorie)
 - tendenziell weniger Schadstoffe in SENS-Geräten (Elektroklein-, Elektrogross- und Kühlgeräte);
- Es gibt in der RoHS geregelte **Schadstoffe**, deren Konzentrationen (in bestimmten WEEE-Kunststofftypen und -gerätekategorien) **durchwegs deutlich niedriger als die entsprechenden RoHS-Grenzwerte** sind
 - Cr (VI), Hg, Pb, PBBs und PentaBDE
 - Keine RoHS-Grenzwertüberschreitungen
 - Ausnahme: PVC (Blei und Chrom) und ev. PUR (PentaBDE)

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

Projekt WEEE-Forum



Code	Sample	Number of samples	
		planned	performed
M1	Small appliances w/o CRT- and flat screens	6	7
M2	Small household appliances, tools, toys, leisure and sport equipment	2	2
M3	ICT and consumer equipment w/o CRT- and flat screens	2	2
C1	Large household appliances w/o cooling appliances	6	5
C2	Small household appliances	3	2
C3	ICT equipment w/o CRT- and flat-screens	6	2
C4	Consumer equipment w/o CRT- and flat screens	3	1
P11	Cooling and freezing appliances (inside lining without drawers)	3	5
P12	Cooling and freezing appliances (all plastics, except foams)	3	6
P21	Coffee machines	2	-
P22/23	Vacuum cleaners (w/o hose and cables)/Rest, without vacuum cleaners	2	2
P24	Small appliances for high-temperature applications (toaster, hair dryer, curler)	2	1
P31	CRT Monitors	6	6
P32	Flat screens: P321: LCD, P322: Plasma	2	3
P33	Printers	2	3
P34	Copying machines	2	-
P41	CRT TVs	6	8
P42	VCR & DVD players	2	-
P43	Game Consoles	2	-

Schweizerische Sonderabfalltagung 1. Juni 2010, Hotel Arte Olten

- **Kondensatoren**
(Projekt SWICO/SENS/SLRS 2006-07)



- **Kunststoffe**
(Projekt SWICO/SENS/WEEE-Forum 2007-10)



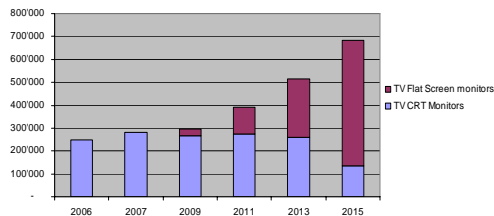
- **Flachbildschirme**
(Projekt SWICO 2009-10)

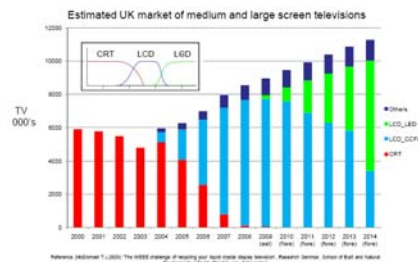
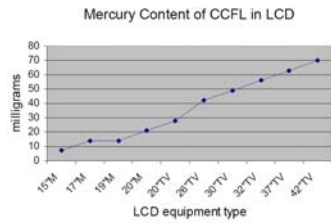


Rücknahmemengen in der Schweiz 2007-2009

	2007	2008	2009	2007 ⇒ 2009
Flachbildschirme [Stück]	85'000	140'000	313'000	+ 270%
Röhrenbildschirme [Stück]	797'000	550'000	632'000	- 20%

Estimation disposal of TV devices in Switzerland 2006-2015
(in number of devices)





Manuelle Zerlegung

- Expositionsrisiken bei der Zerlegung von Flachbildschirmen
- Anforderungen an die Zerlegearbeitsplätze
- Logistische Anforderungen (Sammlung, Transport, Lagerung)



Mengen, Zusammensetzungen und Frachten

- Mengen der unterschiedlichen Flachbildschirme für die Entsorgung
- Bestimmung qualitativer und quantitativer Aspekte bestimmter Schad- und Wertstoffe

Recyclingoptionen

- Grundsätzliche Anforderungen an eine weitergehende Behandlung

Thermische Verwertung und Zwischenlagerung

- Rahmenbedingungen der thermischen Verwertung von Flachbildschirmen
- Rahmenbedingungen an eine Zwischenlagerung von LCD Modulen, resp. Panels

Kostenschätzung

- Abschätzung der Verwertungs(mehr-)kosten verschiedener Behandlungsoptionen

- Wert- und Schadstoffe in der **RFID Technologie**
- Neue **Displaytechnologien** (z.B. LED Hintergrundbeleuchtungen OLED)
- **Elektronik- und Elektrobestandteile aus Fahrzeugen** („WEEE auf Rädern“):
Li-Ion Batterien, elektronische Steuerungen und Antriebssysteme
- Neue **Energieversorgungssysteme**: Fotovoltaik, Windenergie
- **Gebäudeelektronik**: Integrierte Energieversorgungssysteme
- **Nanotechnologie in der Elektronik**

Wichtigste Erkenntnisse

- Schadstoff- und Wertstoffthematik rücken näher zusammen
- Ressourcenschonung erfordert u.U. neue Vorschriften
- Integrierte Lösungen sind gefragt

Besten Dank für ihre Aufmerksamkeit!

heinz.boeni@empa.ch

