

## **ELEKTRONIK und die UMWELT** **Grüne Elektronik**

### Inhaltsverzeichnis

1	Einführung, Motivation zum Umweltschutz.....	2
2	Definition Elektronikschatz.....	2
3	Zusammensetzung des E-Schrotts.....	4
4	Behandlung und Verwertung von E-Schrott .....	7
4.1	Vermeidung.....	7
4.2	Wiederverwendung .....	7
4.3	Weiterverwendung .....	7
4.4	Wiederverwertung.....	7
4.5	Weiterverwertung.....	8
4.6	Thermische Verwertung .....	8
4.7	Entsorgung .....	8
5	Produktrecycling .....	8
5.1	Komplettgeräte .....	8
5.2	Bau- und Funktionsgruppen .....	9
6	Materialrecycling am Bsp. Leiterplatten.....	9
7	Umweltschutzmaßnahmen .....	10
7.1	Entfernung und Entsorgung der FCKWs .....	11
7.2	Entfernung und Entsorgung von Altöl .....	11
7.3	Batterien .....	11
7.4	Kondensatoren.....	11
7.5	Quecksilberschalter .....	11
7.6	Leuchtmittel .....	11
7.7	Flammschutzhemmer .....	12
7.8	Selenbeschichtungen .....	12
8	EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronik- Altgeräte: Return to Sender.....	12
9	Materialvorschriften und Stoffverbote 2006 .....	13

## 1 Einführung, Motivation zum Umweltschutz

Die ordnungsgemäße Behandlung und Entsorgung von Abfall mit dem Ziel der Minderung von Umweltauswirkungen wird auf der ganzen Welt ein immer wichtiger werdendes Thema. In vielen Ländern gibt es bereits wie in der Bundesrepublik Deutschland ein aufwendiges Gesetzgebungs-, Verordnungs- und Überwachungssystem. Ein Problem bei dem globalen Umweltschutz stellen die Entwicklungsländer dar. Zu welchem Zeitpunkt und in welchem Maße in diesen Ländern der Anschluss erreicht werden kann ist trotz laufender Maßnahmen allerdings offen.

Neben vielen anderen gesetzlichen Regelungen und Festlegungen für bestimmte Arten von Müll und Abfall wird auch seit längerer Zeit über die Behandlung des sog. Elektronikschrotts (Elektroaltgeräte-Verordnung) beraten. Dabei soll die Entsorgung über die bisherigen Kanäle als Hausmüll und Gewerbemüll eingeschränkt werden, um zum einen das von dem Elektronikschrott ausgehende Gefährdungspotential zu verringern und zum anderen eine höhere Verwertungsquote zu erreichen. Ausgangspunkt der gesetzlichen Überlegungen ist die prinzipielle Rücknahmepflicht von Altgeräten durch die Hersteller und die anschließende komplett oder teilweise Verwertung entsprechend vorhandener technischer und ökonomischer Möglichkeiten.

Mittelbar wird dabei auch das Ziel verfolgt, die Produktion recyclingfreundlicher (z.B. Erleichterung der Demontage, Kennzeichnung der Kunststoffsorte), wiederverwertbarer (z.B. nochmaliger Einsatz von Baugruppen oder Rahmenteilen) und langlebiger und damit umweltfreundlicher Neuprodukte zu fördern.

Zur Zeit ist es leider so, dass vorsortierte Fraktionen der Elektronikschrottverwertung aus den Industrieländern häufig in Länder mit weniger strengen Umweltstandards exportiert werden, um dort kostengünstig weiterverarbeitet oder entsorgt zu werden. Damit ist die Umweltgefährdung durch eine nicht sachgerechte Behandlung der elektrischen und elektronischen Komponenten der einzelnen Abfallarten vermehrt auch in den Entwicklungsländern gegenwärtig. Was zeigt, dass eine globale Lösung gefunden werden muss. Es wäre illusorisch, zur Beseitigung des Problems einen ordnungsrechtlichen Rahmen wie in der Bundesrepublik Deutschland vorzuschlagen. Dieses wird nicht zum Ziel führen.

## 2 Definition Elektronikschrott

Unter dem Oberbegriff Elektronikschrott wird eine Reihe von Abfallarten zusammengefasst, die zu einem gewissen Anteil elektronische Bauelemente und Funktionen aufweisen. Es handelt sich in den meisten Fällen um relativ teure und prinzipiell langlebige Produkte, die in der Datenverarbeitung, den Haushalten, in Industriebetrieben und für Kommunikationszwecke eingesetzt werden. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich eine Grobunterteilung entsprechend des ursprünglichen Einsatzes herausgebildet, die sich unterteilt in:

- Datenverarbeitungstechnik -  
Geräte und Zubehörteile, die aus dem Bereich Computer, Datenverarbeitung und verwandter Bereiche kommen
- Weiße Ware -  
die allein schon durch die dominante Farbe gekennzeichneten Großgeräte im Haushalt  
zur Befriedigung der Lebensbedürfnisse und etwaiger Komfortansprüche
- Braune Ware -  
die ebenso durch die dominante Farbe gekennzeichneten Geräte in den Haushalten und Betrieben zur Kommunikation und Unterhaltung.

Wie zu erwarten, ist eine international gültige Festlegung und Vereinbarung zu den Unterscheidungskriterien in diesem Sektor nicht zu finden. Ausgangspunkt für eine differenziertere Definition soll daher der aktuelle Stand in der deutschen Umweltgesetzgebung sein (Gesetzentwurf zur Elektroaltgeräte-Verordnung EAV vom 24.6.1999). Die deutsche Gesetzgebung unterteilt nach derzeitigem Entwurf in:

1. Geräte der Informations-, Büro- und Kommunikationstechnik.  
Hierzu zählen unter anderem Rechner, Bildschirme, Drucker, Kopierer, Telefon- und Faxgeräte, Funkgeräte
2. Geräte der Unterhaltungselektronik.  
Hierzu zählen unter anderem Fernseh-, Video- und Audiogeräte mit Aufzeichnern, Speichern und Empfängern
3. Haushaltsgroßgeräte.  
Hier sind die Geräte für die Haushaltsversorgung (Kochen, Backen, Geschirrspülen, Wäsche) zusammengefasst
4. Kleingeräte  
Hierunter sind alle sonstigen Kleingeräte zusammengefasst, die nicht unter die drei obigen Kategorien fallen, und mülltonnengängig sind (Rasierer, Kaffeemaschinen, tragbare Video- und Audiogeräte, Elektrowerkzeuge).

Neben den o.a. Komplettprodukten fallen auch einzelne Geräteteile unter den Oberbegriff Elektronikschrott. Dies können unter anderem Gehäuse von Geräten, Tastaturen, Elektromotoren, Platinen usw. sein.

Nicht enthalten im derzeitigen bundesdeutschen Gesetzesentwurf sind die Elektronikabfälle aus der industriellen Nutzung (Steuerungsanlagen, Messgeräte, Medizintechnik, Geldverkehr), Zulieferteile und Verbrauchsgüter (Lampen, Leuchten, Uhren).

Eine ähnlich aufgebaute Verordnung befindet sich in einem ersten Entwurfsstadium für den Bereich der Europäischen Union. Dort wird derzeit noch von der umfangreicheren Produktliste (entsprechend der alten Elektronikschrottverordnung inklusive Lampen, Industriegütern usw.) Gebrauch gemacht. Zusätzlich zu der prinzipiellen Rücknahmepflicht ist angedacht, ein Mengenziel zu formulieren, das eine Rücknahme von 4 kg Elektronikschrott pro Einwohner und Jahr für den Bereich der EU vorsieht. Stoffverbote sollen mit Übergangsfristen für die Verwendung von Blei, Cadmium, Quecksilber und halogenierten Flammenschutzmitteln ausgesprochen werden.

In den USA ist die Deponierung von Platinen verboten worden. Gleichermaßen gilt für Bildschirme und Monitore. Ein flächendeckendes Recycling- und Rücknahmesystem ist allerdings nicht in Funktion. Der Großteil der Produkte findet sich in der Hausmüllfraktion wieder und wird deponiert oder verbrannt.

In Japan ist der Elektronikschrott zum Teil in einer generellen Recyclingvorschrift enthalten. Aktivitäten werden in Japan verstärkt durch die einzelnen Hersteller entfaltet.

In einigen anderen europäischen Ländern wie Schweden, Dänemark, Österreich und den Niederlanden sind vergleichbare Regelungen wie in der BRD eingeführt oder lehnen sich an die deutsche bzw. europäische Vorgabe an.

Die Situation in den Entwicklungsländern dagegen ist durch das Fehlen jeglicher Regelungen und Vorgaben in Bezug auf den Elektronikschrott gekennzeichnet. Eine Entsorgung erfolgt zusammen mit Hausmüll ohne weitere Schadstoffentfernung und Gefährdungsabsicherung des Deponiebetriebes. Recyclingaktivitäten werden in den meisten Fällen ohne hinreichende Kenntnisse über das Gefährdungspotential und notwendige Umweltschutzmaßnahmen durchgeführt.

Konsum- und Gebrauchsgüter werden im Regelfall nach dem Ende ihrer vorgesehenen Benutzung zu Abfall in dem Sinne, dass der Letztbesitzer des Gutes sich der Sache entledigt oder entledigen will. Dabei ist die Situation bei längerfristig funktionstüchtigen Gütern etwas anders zu beurteilen wie z.B. im Vergleich zu periodisch anfallendem Siedlungsabfall. Die

Motivation für die Entledigung des Gutes wird durch eine Reihe von Faktoren bestimmt. Dabei ist im groben Überblick zu unterscheiden zwischen:

- Die Funktion ist nicht mehr gegeben, vollständiger Ausschuss
- Die Funktion ist nicht mehr gegeben, Reparatur wird nicht erwogen oder ist zu aufwendig
- Die Funktion ist gegeben, genügt aber nicht den Anforderungen (PC und neue Speicher- und Softwareanforderungen)
- Die Funktion ist noch voll gegeben, eine Neubeschaffung wird aus individueller Sicht  
(Modetrend, neue Funktionen usw.) entschieden

Da es sich im Regelfall um Produkte handelt, die sich für einen längeren Zeitraum bei einem oder mehreren Besitzern befunden haben, ist eine Weiterbenutzung entsprechend o.a. Optionen (in umgekehrter Reihenfolge) möglich, bevor das Produkt letztendlich als Entsorgungsaufgabe ansteht.

### 3 Zusammensetzung des E-Schrotts

Die Zusammensetzung der unter dem gesamten Oberbegriff Elektronikschrott subsumierten Geräte und Güter ergibt eine gewichtsmäßige Dominanz der Konsumprodukte gegenüber den Industrieprodukten. Etwa 2/3 des Aufkommens werden dem Konsumbereich zugeordnet. Innerhalb des Konsumbereiches dominiert wiederum die sog. weiße Ware der Haushaltsgeräte insbesondere der Haushaltsgroßgeräte.

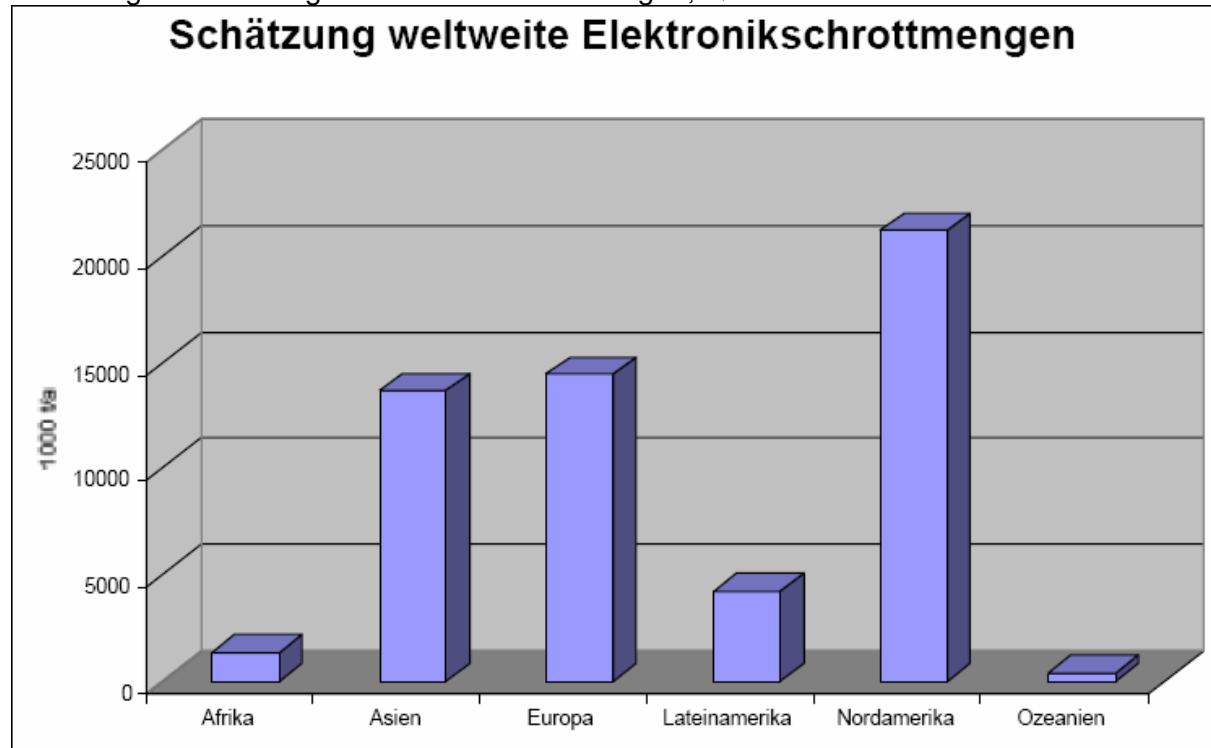
Größte Fraktion innerhalb der Industrieprodukte sind die Leuchten.

Tabelle 1: Zusammensetzung des E-Schrotts in Massenanteilen, Quelle 1

Produkt	Anteil, %	Anteil, %
Haushaltsgroßgeräte	34.8	
Haushaltskleingeräte	9	
TV-Unterhaltungselektronik	9.2	
Sonstige Unterhaltungselektronik	8.9	
Lampen	2.5	
Elektrowerkzeuge	2.6	
<b>Alle Konsumprodukte</b>		<b>67</b>
Leuchten	11.3	
Informationsverarbeitung	7.6	
Mess- und Regelgeräte	5.8	
Schaltungen, Steuerungen	6.7	
Sonstiges	1.6	
<b>Alle Industrieprodukte</b>		<b>33</b>

Der weltweite Anfall von Elektronikschrott kann nur abgeschätzt werden. Er liegt in einem Bereich von 20 bis ca. 50Mio. t pro Jahr, wobei die Hauptmenge in Nordamerika anfällt, gefolgt von Europa und Asien.

Abbildung 1: Schätzung weltweite E-Schrottmengen, Quelle 1



Die Zusammensetzung des gesamten Elektronikschrattaufkommens wird geprägt durch einen hohen Metallgehalt von über 50%. Dabei dominieren die Eisenmetalle. Kunststoffe sind mit ca. 20% vertreten, Glas (als noch nennenswerte Fraktion) mit knapp 10%. Als ein Beispiel für die unterschiedliche Zusammensetzung einzelner Bestandteile des Elektronikschratts wird hier ein Monitor und ein Geschirrspüler vorgestellt.

Abbildung 2: Zusammensetzung Monitor, Quelle 1

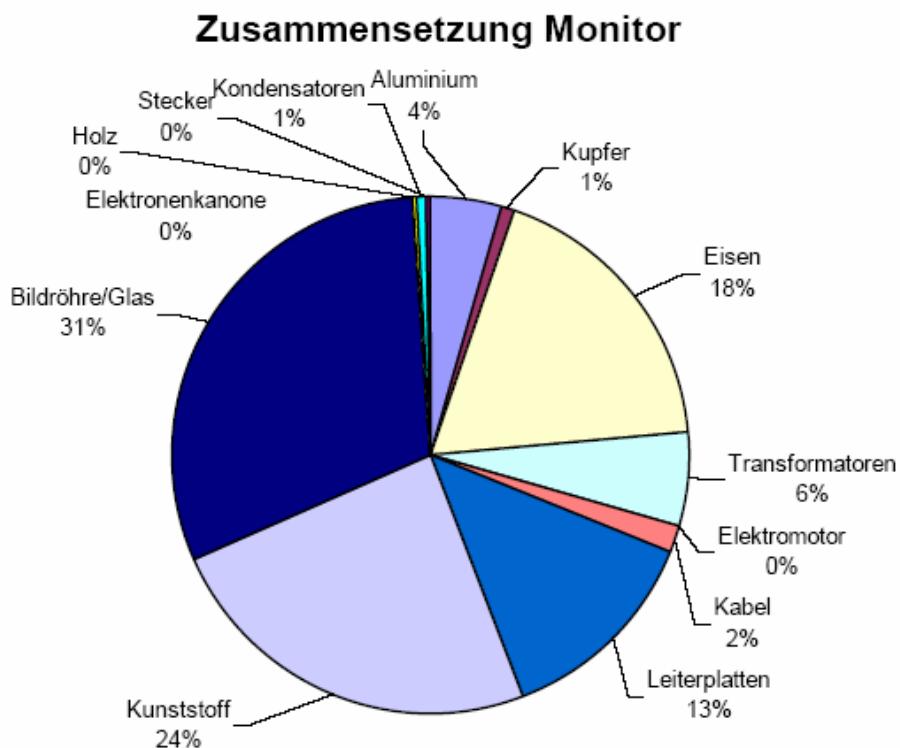
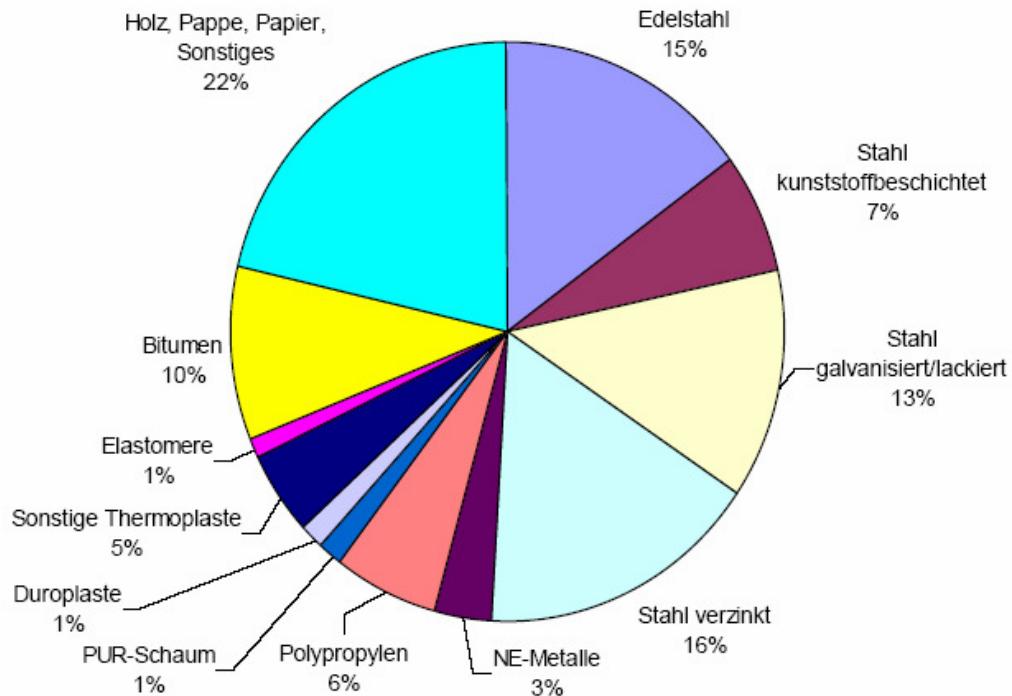


Abbildung 3: Zusammensetzung Geschirrspüler, Quelle 1

## Zusammensetzung Geschirrspüler



Aufgrund der verschiedenen Produkte auf dem Markt wird eine differenzierte Betrachtung notwendig, da sich die Zusammensetzungen innerhalb des gesamten Segmentes Elektronikschrott substantiell unterscheidet und demnach ebenfalls eine auf die Spezifika abgestimmte Vorgehensweise notwendig wird.

Erst nach einer Demontage, z.B. in Baugruppen, wären vereinheitlichte Verhandlungsverfahren anzuwenden (für Bildröhren aus Fernsehern und Monitoren oder für Platinen oder für Kabelreste).

Alternativ können die kompletten Geräte z.B. geschreddert werden, um dann die wertgebenden Einzelkomponenten zu gewinnen. Gegenüber einer Demontage ist dies kostengünstiger. Der Einsatz ist bei Geräten mit einem hohen Metallanteil (Haushaltsgroßgeräte) angeraten. Allerdings ist dann darauf zu achten, dass Schadstoffe vorher entfernt werden sollten, um eine Verteilung in das weiter zu verarbeitende Material zu unterbinden.

Die umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Substanzen lassen sich meist in einzelnen Baugruppen oder Bauteilen nachweisen. Daher ist die vorherige Schadstoffentfernung die erste Maßnahme im Prozess eines möglichen Recyclings oder der Entsorgung.

Gefährliche oder umweltschädliche Bauteile oder Baugruppen sind unter anderem:

- Quecksilberhaltige Schalter, erkennbar durch eine mit Quecksilber gefüllte Glasampulle
- Kondensatoren, zum Teil noch PCB-haltig, die von nicht PCB-haltigen Kondensatoren schwer zu unterscheiden sind
- Ölgefüllte Teile, zu unterscheiden in PCB-freie Öle und PCB-haltige Öle
- Verschiedene Batteriearten
- Leuchtstoffbeschichtung von Bildröhren
- Schwermetalle in Leuchten und Lampen
- LCD-Anzeigen
- Additive in Kunststoffen, zum Teil schwermetallhaltig
- Flammschutzmittel auf Platinen

FCKW in Kühlgeräten, sowohl als Flüssigkeit (Kältemittel), als auch in der Isolierung eingebunden  
Medizinische Geräte, die Strahlenquellen besitzen können  
Trommeln aus Kopierern und Laserdruckern mit Selenbeschichtungen  
Berylliumhaltige Bauteile  
Asbesthaltige Materialien in älteren Haushaltskleingeräten wie Toaster und Fön.

## 4 Behandlung und Verwertung von E-Schrott

Generell ist - wie bei anderen Stoffgruppen auch - in der Bewertung der einzelnen Möglichkeiten der Elektronikschrottverwertung vor der endgültigen Entsorgung die Frage der Vermeidung, des Produktrecyclings und des Materialrecyclings zu stellen. Dabei ist folgende Hierarchie zu unterscheiden:

### 4.1 Vermeidung

Die Entstehung von Reststoffen wird vermindert oder unterbunden. Schadstoffe oder umweltschädliche Materialien werden gar nicht erst eingebaut und verwendet. Verbundkonstruktionen werden nicht verwendet oder so konstruiert, dass später eine sortenreine Trennung möglich ist.

### 4.2 Wiederverwendung

Wiedereinsatz der Produkte entsprechend der ursprünglichen Funktion. Dies gilt für das gesamte Gerät oder Bauteile und Baugruppen. Haushaltsgesetze werden so langlebig konstruiert und gefertigt, dass selbst bei größeren Reparaturen (Reparaturfreundlichkeit vorausgesetzt) der weitere Funktionseinsatz gewährleistet ist. Ausgemusterte PCs von Firmen können durchaus für Privatanwender, Schulen und soziale Einrichtungen weitergenutzt werden. Bei Kopiergeräten wird durch den Austausch und das Wiederbefüllen der Toner- und Entwicklereinheiten die Abfallmenge reduziert, einige Hersteller verwenden einen Großteil der mechanischen Komponenten für die Neuproduktion.

### 4.3 Weiterverwendung

Einsatz von Teilen, Baugruppen und Geräten zur Verwendung in einem anderen Gebiet. Platinen, programmierte Speicher und Bauteile aus dem IT-Bereich werden für die Herstellung von Spielzeug genutzt. Aus einem PC können Lüfter, mechanische Komponenten ausgebaut werden und in „Billigprodukte“ eingebaut werden. Bei Heimwerker-Elektrogeräten können das Gehäuse, die Schalter und weitere Einzelteile für die Reparatur oder Neuproduktion von Billig- oder Exportmarken eingesetzt werden.

### 4.4 Wiederverwertung

Können wie oben angedeutet, die Produkte nicht weiter verwendet werden, ist die Frage zur Nutzung des Materials für den gleichen Zweck (das gleiche Produkt) zu stellen. Dazu ist im Regelfall eine anspruchsvolle Prozesskette notwendig. Als Beispiele können die Aufarbeitung von Kunststoffgehäusen zu Granulat und die Produktion neuer Kunststoffgehäuse sowie das Einschmelzen von Metallen für die Neuproduktion von Blechen und Formteilen gelten.

## 4.5 Weiterverwertung

In vielen Fällen lässt sich das separierte Material nicht noch einmal für die Produktherstellung einsetzen. Dann kommt es zum sog. downcycling (Kunststoffgemisch zu Parkbänken und Lärmschutzwänden, Herstellung von Verpackungsmaterial und Füllstoffen). Insbesondere vermischt Kunststoffe und schwer separierbare sowie vom Rohstoffpreis her gesehen günstige Materialien fallen in diese Kategorie.

## 4.6 Thermische Verwertung

In der thermischen Verwertung kann allenfalls noch der enthaltene Heizwert der einzelnen Stoffe für eine Energiegewinnung genutzt werden. Es kann aber ebenso eine sichere Entsorgung bzw. Inertisierung angestrebt werden.

## 4.7 Entsorgung

Letztendlich verbleiben Reste, die sicher und ordnungsgemäß, evtl. nach weiterer vorheriger Behandlung, verwahrt oder eingelagert werden können.

Die Übergänge zwischen den einzelnen angesprochenen Strategien sind dabei fließend. Es wird unterschieden zwischen dem Produktrecycling, das in etwa den Bereich der Wiederverwendung und Weiterverwendung anspricht und dem Materialrecycling, welches die Wiederverwertung bis Entsorgung einschließt.

Im Bereich des typischen Elektronikschrotts kommt zum großen Teil nur das Materialrecycling in Frage, da es sich im Regelfall bei den Geräten um eine Anhäufung und Mischung vieler verschiedener Materialien handelt.

# 5 Produktrecycling

Das Produktrecycling ist auf jeden Fall dem Materialrecycling vorzuziehen. Es trifft aber leider nicht für alle Geräte zu und wird aus technischen und ökonomischen Gründen nicht im theoretisch möglichen Umfang durchgeführt. Produktrecycling kann in zwei unterschiedlichen Stufen erfolgen:

## 5.1 Komplettgeräte

Auf dem Sekundärmarkt/Gebrauchsgütermarkt werden insbesondere diejenigen Komponenten gehandelt, die aus Komfort- oder Modegründen vom Erstkäufer angeboten werden, aber ihre volle Funktion noch besitzen. Dies sind Haushaltsgroßgeräte, Kühlgeräte und insbesondere Unterhaltungselektronik. Alte PCs können durchaus noch für einfache Mess- und Steueraufgaben oder die Textverarbeitung eingesetzt werden. Es kommt vielfach zum Export der in den Industrieländern aussortierten Geräte. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zumindest eine Funktionskontrolle erfolgen muss und auch eine entsprechende Ersatzteillogistik vorhanden ist. Entsorgungsbetriebe können sich auf bestimmte Sparten spezialisieren und über einen hohen Anfall gleichartiger Geräte sogar kleine Reparaturen vornehmen. Beispiele sind Kühlgeräte und Haushaltsgroßgeräte. Bei einer Konzentration auf bestimmte Hersteller und Baujahre lassen sich aus einer großen Anzahl von Altgeräten funktionsfähige Verkaufsprodukte herstellen, da in vielen Fällen entweder typische Bauteile repariert werden müssen oder sich ein Austausch organisieren lässt. Diese Geräte werden zum Teil mit mehrjähriger Garantie wieder verkauft.

Moderne umweltentlastende Funktionsverbesserungen, wie z.B. reduzierter Strom- und Wasserverbrauch, können allerdings bei dieser Wiederverwendung nicht zum Tragen kommen.

## 5.2 Bau- und Funktionsgruppen

Hier sind insbesondere Fachkenntnisse notwendig, um eine Entscheidung über einen zukünftigen Einsatz zu treffen. Die Bauteile und Funktionsgruppen müssen in ihrer Funktion und dem Wert erkannt, unbeschadet ausgebaut und dann für den vorgesehenen neuen Einsatz als getestete Komponenten zur Verfügung gestellt werden. Grafikkarten und Lüfter aus PCs z.B. können ohne Funktionsverlust wieder für den gleichen Zweck eingesetzt werden. Gleiches gilt für Lautsprecher aus Unterhaltungselektronik, Trommeln der Waschmaschinen usw. Funktionsfähige Bauelemente wie Platinen, EPROMS, Speicherbausteine, Motoren usw. können im Prinzip für die Herstellung anderer (meist kostengünstig zu produzierender) Neuprodukte verwendet werden. Ein Beispiel ist die Verwendung von PC-Bausteinen und EPROMS in der Spielzeugherstellung. Das Problem dürfte in dem finanziellen Spielraum liegen, der sich aus dem Recyclingsaufwand und der Logistik im Gegensatz zum Produktionspreis der Neuteile unter Berücksichtigung von Funktionssicherheit und Komfortanspruch ergibt.

## 6 Materialrecycling am Bsp. Leiterplatten

Leiterplatten stellen insgesamt im Segment des Elektronikschrotts von der Masse her eine vernachlässigbare Menge dar (ca. 3% Gewichtsanteil), allerdings tauchen sie in fast allen Geräten in unterschiedlicher Zusammensetzung auf, so dass grundlegende Betrachtungen angebracht sind. Leiterplatten bestehen aus einer Vielzahl verschiedener Materialien. Die für die Aufarbeitung und die wirtschaftliche Verwertung interessanten Edelmetalle Gold, Silber, Platin und Palladium werden in ihrem Einsatz von anderen kostengünstigeren Materialien verdrängt, so dass eine Edelmetallgewinnung aus Leiterplatten nur bei relativ alten Baujahren allein aufgrund des Edelmetallwertes anzureten ist. Allerdings bilden die Metalle immer noch die größte Einzelfraktion der Leiterplatten gefolgt von der Stoffgruppe Glas und Keramik Letzteres Material ist hauptsächlich in dem Trägermaterial der Platinen sowie in den Halbleiterbauelementen (Oxide) wiederzufinden. Eine andere Zusammenstellung zeigt die einzelnen Baugruppen der Platine, die durch Halbleiter, Kondensatoren und Widerstände gebildet wird.

Bezeichnung	Anteil, %
Kondensatoren	24
Halbleiterbauelemente	33
Widerstände	12
Basismaterial	23
Sonstiges	8

Tabelle 2: Baugruppenzusammensetzung einer Platine (Massenanteile), Quelle 1

Bezeichnung	Anteil, %	Anteil, %	Anteil, %
Glas, Keramik, Oxide	49		
Kunststoffe	19		
Brom	4		
Metalle	28		
- Kupfer		7	
- Eisen		6	
- Nickel		3	
- Zink		2	
- Zinn		1	
- Sonstiges, darunter		9	
--- Silber			0,2
--- Gold			0,04
--- Palladium			0,04

Tabelle 3: Materialzusammensetzung von Leiterplatten (Massenanteilen), Quelle 1

Eine Verwertung von Platinen erfolgt in erster Linie zur Gewinnung der metallischen Anteile. Es werden mechanische Verfahren, Schmelzverfahren, Pyrolyse und hydrometallurgische Verfahren eingesetzt. Im mechanischen Verfahren werden die Platinen zerkleinert und anschließend über verschiedene Aufbereitungsmethoden in möglichst sortenreine Anteile zerlegt (Magnetscheidung, Wirbelstromscheidung, Sieben, Sichten).

Eine Abtrennung oder Unschädlichmachung der Schadstoffe (neben den vorher herausgelösten Bestandteilen) im Material ist meist nicht möglich (Flammenhemmer im Trägermaterial der Platine). In der Schmelze liegt der Vorteil einer möglichst hohen Metallausbeute. Nach Vorzerkleinerung werden die Platinen auf ca. 1250 °C erhitzt. Dabei verbrennen alle Kunststoffe und ein Teil der Schadstoffe. Die Metalle werden eingeschmolzen (meist in großtechnischen Einrichtungen wie Kupferhütten, die traditionell einen Teil Schrott mitverarbeiten) und können nach der Abtrennung des Kupfers als reine Sorten zurückgewonnen werden. Die Pyrolyse hat zum Ziel, ebenfalls die Leiterplatte zu zerstören, um danach die Metalle für eine Einschmelzung zur Verfügung zu haben. Problem der thermischen Verfahren ist die Abluftbeeinträchtigung in den Produktionsanlagen.

Bei den hydrometallurgischen Verfahren wird versucht, den Metallanteil durch verschiedene Lösungsmittel/Ätzmittel nach einer erfolgten Vorzerkleinerung abzutrennen. Die übrig bleibenden Leiterplatten können entsorgt und die Metalle anschließend durch Fällung, Extraktion usw. zurückgewonnen werden.

Leiterplattenschrott ist wegen des möglichen Einsatzes in der Metallverhüttung eine internationale Handelsware.

## 7 Umweltschutzmaßnahmen

Die Umweltschutzmaßnahmen konzentrieren sich auf die Verhinderung der Freisetzung von umweltschädlichen Stoffen. Für den Bereich des Elektronikschrotts soll zum einen eine Freisetzung des FCKWs aus Kühlgeräten verhindert werden und zum anderen durch die Entfernung von schädlichen Bauteilen eine Verringerung der möglichen Umweltgefährdung eintreten.

## 7.1 Entfernung und Entsorgung der FCKWs

Bei Kühl- und Gefriergeräten sind die in größerem Maße verwendeten Fluorkohlenwasserstoffe im eigentlichen Kältemittel und als zugefügter Stoff in den Isolierschäumen auf jeden Fall zu separieren.

## 7.2 Entfernung und Entsorgung von Altöl

In einigen Geräten, die über Motoren verfügen oder in denen Kühlung notwendig ist, ist mit einem Anfall von Altöl zu rechnen. Diese Öle können PCB-haltig sein und sollten auf jeden Fall vor einer weiteren Verarbeitung und Aufbereitung entfernt und möglichst umweltgerecht entsorgt bzw. gelagert werden.

## 7.3 Batterien

Batterien sind in vielen elektronischen Geräten in verschiedener Ausführung eingebaut. Sie sind vor einer weiteren Verwertung aus den Bauteilen zu entfernen. Es existieren eine Reihe von Aufbereitungs- und Verwertungsverfahren für die verschiedenen Arten der Batterien. Zumindest in Neuprodukten wird der Anteil stark umweltbeeinträchtigender Batterien durch die Verwendung neuer umweltfreundlicher Materialien zurückgehen. Hinzu kommt allerdings eine Zunahme hochleistungsfähiger Batterien in Mobilgeräten.

## 7.4 Kondensatoren

Zumindest Kondensatoren mit einem Baujahr aus den achtziger Jahren können PCB enthalten und sind damit als Sondermüll zu behandeln. Es ist eine sichere Verwahrung vorzunehmen (Stahlfass und Sonderabfalldeponierung). In der BRD werden die PCB enthaltenden Flüssigkeiten der Sondermüllverbrennung zugeführt. Die Feststoffe mit PCB gelangen in eine für Sondermüll eingerichtete Untertagedeponie. Die Feststellung, ob und welche Kondensatoren heute noch PCB enthalten, ist schwierig. Der Anteil in Elektronikschrottgeräten wird sicher zurückgegangen sein. Bei einer sicheren Feststellung einer PCB-Freiheit können die Kondensatoren den üblichen Weg des rohstofflichen Recyclings gehen, da sie metallische Wertstoffe enthalten. Bei einer nicht zweifelsfreien Erkennung sollten Kondensatoren dennoch separiert und gesondert behandelt werden.

## 7.5 Quecksilberschalter

Quecksilberschalter werden in stationären elektrischen und elektronischen Anlagen (Medizintechnik, Telefonvermittlung) eingesetzt, um die Schaltzuverlässigkeit zu erhöhen. Dabei ist das Quecksilber meist gut erkennbar in Glasampullen an dem Schalter angebracht. In neueren Geräten ist das Quecksilber verdeckt angebracht, in den meisten Fällen aber gekennzeichnet. Eine stoffliche Verwertung ist möglich, falls der Quecksilbergehalt erkannt worden ist. Die Schalter dürfen allerdings nicht in einen normalen Aufbereitungsprozess gelangen.

## 7.6 Leuchtmittel

Die Leuchtmittel aus den Bildschirmen des Frontglases (ca. 5 g pro Bildschirm) sowie mögliche Leuchtstoffe aus den verschiedenen Lamparten sind ebenfalls als Sonderabfall zu werten. Sie können unter Schutzbedingungen aus den Geräten entfernt werden, müssen dann aber zumindest verschlossen und gegen äußere Einflüsse geschützt werden.

## 7.7 Flammschutzhemmer

Flammschutzhemmer sind auf bzw. in den Platinen und als Beimischung zu den Kunststoffgehäusen zu finden. Einige Arten der zumindest älteren Flammschutzmittel sind krebserzeugend. Bei Verbrennung von halogenierten Flammschutzhemmern können polychlorierte und polybromierte Dioxine und Furane entstehen. Sollten die Stoffgruppen in eine Verbrennungseinrichtung (Müllverbrennung, aber auch rohstoffliches Recycling) gelangen, wäre zumindest für ein Mindestmaß an Abluftreinigung und –Behandlung zu sorgen.

## 7.8 Selenbeschichtungen

Selenbeschichtungen kommen insbesondere in dem Segment Kopierer und Laserdrucker vor. Selen (kann krebsfördernd wirken) befindet sich dabei auf der Fotoleitertrommel. Die Trommeln werden normalerweise ausgetauscht, wenn die Kopierleistung nachlässt. Die ausgetauschten Trommeln müssen gesondert behandelt werden. Bei einer Nutzung der Altgeräte für das Metallrecycling (gesamtes Gerät in Schredder und anschließende Metallschmelze) sollten die Fotoleitertrommeln vorher entnommen werden.

# 8 EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronik- Altgeräte: Return to Sender

Weltweit sind allein über eine Milliarde PCs im Einsatz, und jedes Jahr werden 130 Millionen neue verkauft. Bis zum Jahr 2007 werden allein eine halbe Milliarde Rechner wieder ausgemustert, schätzen Umweltorganisationen. Und das ist nur die Spitze des Schrottberges, denn bei Privatnutzern stapeln sich immer mehr ausgediente Drucker, Monitore oder Fernseher in Kellern und auf Dachböden.

Noch längst nicht alle Hersteller bieten, wie Apple, die Möglichkeit, Altgeräte kostenlos über eine Recycling-Gesellschaft zu entsorgen. Kunden und Händler des IT-Herstellers müssen lediglich die Transportkosten übernehmen. Entsorgt werden die Apple-Produkte dann kostenlos bei Recycle-IT in Eppishausen. Hersteller Fujitsu Siemens unterhält sogar ein eigenes Recyclingwerk in Paderborn.

Eine Verpflichtung, ausgediente Geräte zurückzunehmen, war für die Hersteller bisher kein Thema. Das wird sich ab dem kommenden Jahr ändern. Denn am 13. August 2005 tritt die EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Waste Electrical and Electronic Equipment WEEE) in Kraft. Ab diesem Stichtag ist jeder »Inverkehrbringer« nicht nur für die umweltgerechte Entsorgung seiner eigenen Produkte verantwortlich, sondern muss sich auch an der Entsorgung von historischen Altgeräten beteiligen. Nachdem die Industrie vor allem gegen die zweite Verpflichtung Sturm lief, sieht der Gesetzesentwurf zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (ElektroG) des Bundesumweltministeriums (BMU) eine Teilung der Verantwortung: Danach sollen die kommunalen Sammelstellen auch die Sammlung und Erfassung der Altgeräte organisieren und finanzieren. Die Hersteller müssen den Schrott an den Wertstoffhöfen abholen und die Sortierung, Demontage und das Recycling übernehmen. Dafür können sie eigene Rücknahmesysteme aufbauen oder sich an einem kollektiven System beteiligen.

Um die Altgeräte-Last gerecht zu verteilen, haben rund 120 Hersteller und Importeure von Elektrogeräten das »Elektro-Altgeräte-Register« (EAR) gegründet. Bei dieser zentralen

Clearing-Stelle müssen die Unternehmen künftig melden, wie viele Geräte sie jährlich ausliefern. Daraus ermittelt das EAR den Marktanteil und weist ihnen die Altgeräte zu, die sie von den Sammelstellen abholen und entsorgen müssen. Damit soll auch sichergestellt werden, dass so genannte Waisengeräte von Marken, die es nicht mehr gibt, zurückgenommen werden und auch Newcomer mit hohem Marktanteil, wie Samsung, ihren Teil an den Altgeräten zurücknehmen. Neben der kollektiven Verantwortung für die Altgeräte, ist jeder Hersteller für die Entsorgung seiner eigenen Geräte zuständig, die er nach dem 13.08.05 in der EU auf den Markt bringt.

Es ist geplant, dass bis spätestens Ende 2006 eine verbindliche Sammelquote von vier Kilogramm pro Einwohner und Jahr von jedem Hersteller nachgewiesen werden muss.

In der so genannten Kleinbetriebsregelung wird nach der Gesetzesvorlage auch Händler, die Produkte direkt aus dem Ausland importieren oder Computer zusammenschrauben, in die Pflicht genommen. Das Gesetz betreffe aber auch Distributoren, Verbundgruppen und Eigenmarken-Anbieter, darunter auch Discounter und Handelsketten wie Aldi oder Tchibo,

Für die Entsorgung oder Recycling müssen die Hersteller dann entweder Recyclingunternehmen beauftragen oder das gemeinsam organisieren. Viele Unternehmen bereiten sich schon auf die neuen Anforderungen vor. So baut Panasonic bereits ein Team für das künftige Rücknahmesystem auf und hat mit Thomson und JVC die »Europäische Recycling-Initiative« gegründet, die auch weiteren Interessenten offen steht. Markenzeichen dieses Systems ist ein blauer Engel, der deutlich macht dass dieses Produkt schon jetzt in den Kreislauf zurückgenommen wird.

## 9 Materialvorschriften und Stoffverbote 2006

Hintergrund für massiven Eingriffe in die Versorgungsketten und die Fertigung elektronischer Geräte ist die neue EU-Richtlinie ROHS (Restriction of Hazardous Substances) die ab Juli 2006 in Kraft tritt. Sie verbietet gewisse Stoffe in elektronischen und elektrischen Geräten.

Vor allem Blei als Blei-Zinn-Legierung für Lötverbindungen. Die Umstellung auf "bleifreie" Lote ist seit Jahren im Gang, und sie erfordert bei höheren Löttemperaturen neue Metallurgien und Prozess-Umstellungen für Bauelemente und Leiterplatten.

Außer für Blei setzt ROHS auch extrem niedrige Grenzwerte für Quecksilber und Kadmium und für das (sechswertige) Chrom, sowie für polybromierte Biphenyle (PBB) und Diphenylether (PBDE) als Flammhemmer für Kunststoffteile.

Ausnahmen kommen in zwei Kategorien: für bestimmte Geräte und für Anwendungen innerhalb von Geräten (gewisse Hochtemperatur-Bleilote in Geräten sind immer noch zugelassen).

Vorerst ausgenommen (bei regelmäßig weiterer Überprüfung) sind medizinische Geräte und "Überwachungs- und Kontrollinstrumente". Außerdem militärische Geräte. Geltendes Abfallrecht ist aber nicht betroffen, so unter anderem die Autoelektronik. Als Grenzwerte der im Januar 2003 erlassene ROHS-Direktive der EU-Kommission gelte: Maximalkonzentration von 0,1 % für Blei, Quecksilber, Chrom, PBB und PBDE; 0,01 % für Kadmium. Alles bezogen auf Gewichtsanteile in "homogenen Werkstoffen".

Das zuständige Technical Adaptation Committee hat dies erst einmal verworfen. Denn: Was sind "homogene Werkstoffe"? Im Moment gilt: solche, "die sich nicht weiter mechanisch in einzelne Materialien zerlegen lassen."

Der im September bereits verspätet vom Bundeskabinett eingebrachte Gesetzentwurf "ElektroG", der die EU-Richtlinien in nationales Recht umsetzt wird höchstwahrscheinlich in naher Zukunft verabschiedet.

Quellen:

- 1) Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), Werner Siemers, Heino Vest, Umwelthandbuch – Verwertung und Beseitigung von Elektronikschrott, Nachdruck 2000, Eschborn
- 2) Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 31, Technische Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Endfassung 2004
- 3) [www.channelweb.de](http://www.channelweb.de), Abruf: 13.01.05
- 4) [www.firmenwissen.de/psfiwi/fn/page/sfn/fiwi/PID/775/AN/VDINJA\\_236153/DB/VDINJA/SH/0/](http://www.firmenwissen.de/psfiwi/fn/page/sfn/fiwi/PID/775/AN/VDINJA_236153/DB/VDINJA/SH/0/) ,  
Abruf:13.01.05