

Datenblatt	SWSM-06_WEE																																								
Abfallart	Abfall von Elektro- und Elektronikaltgeräten																																								
Zusammensetzung bzw. wesentliche Stoffkomponenten	<p>Unter dem Sammelbegriff Elektro- und Elektronikaltgeräte wird eine Vielzahl von gebrauchten Produkten zusammengefasst. Sie können folgenden Oberfraktionen zugeordnet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektrisch betriebene oder gesteuerte Haushaltsgroßgeräte ▪ Kühlgeräte ▪ Informations- und Telekommunikationsgeräte ▪ Gasentladungslampen (Abfall von Leuchtstoff-, Entladungs- und anderen Lampen ist Gegenstand einer speziellen Darstellung; ↗ siehe Datenblatt " Abfall von Leuchtstoff-, Entladungs- und anderen Lampen ", Datenblatt-index SWSM-07_LAM) ▪ Sonstige elektrische betriebene oder gesteuerte Geräte, Spielzeuge etc. <p>Die durchschnittliche Materialzusammensetzung kann für elektronische Abfälle wie folgt angegeben werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metalle: 61 % ▪ Kunststoffe: 21 % ▪ Glas: 5 % ▪ Elektronische Teile: 3 % ▪ Andere Materialien: 10 % 																																								
	<p>Tab. 1: Zusammensetzung verschiedener elektronischer Produktgruppen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fe-Metalle [%]</th> <th>NE-Metalle [%]</th> <th>Kunststoffe [%]</th> <th>Elektronikkomponenten [%]</th> <th>Sonsstiges [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Waschmaschinen</td> <td>78,1</td> <td>2,5</td> <td>1,9</td> <td>2,0</td> <td>15,5</td> </tr> <tr> <td>Haushaltsgeräte</td> <td>39,2</td> <td>8,1</td> <td>22,8</td> <td>18,6</td> <td>11,3</td> </tr> <tr> <td>Fernsehgeräte</td> <td>9,7</td> <td>5,5</td> <td>8,1</td> <td>24,2</td> <td>52,5</td> </tr> <tr> <td>MSR-Technik</td> <td>35,2</td> <td>13,5</td> <td>8,2</td> <td>28,0</td> <td>15,1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tab. 2: Metallanteile von Leiterplatten in %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cu</th> <th>Pb</th> <th>Fe</th> <th>Ni</th> <th>andere Edelmetalle</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12-25</td> <td>1-5</td> <td>5-10</td> <td>1-3</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>		Fe-Metalle [%]	NE-Metalle [%]	Kunststoffe [%]	Elektronikkomponenten [%]	Sonsstiges [%]	Waschmaschinen	78,1	2,5	1,9	2,0	15,5	Haushaltsgeräte	39,2	8,1	22,8	18,6	11,3	Fernsehgeräte	9,7	5,5	8,1	24,2	52,5	MSR-Technik	35,2	13,5	8,2	28,0	15,1	Cu	Pb	Fe	Ni	andere Edelmetalle	12-25	1-5	5-10	1-3	0,1
	Fe-Metalle [%]	NE-Metalle [%]	Kunststoffe [%]	Elektronikkomponenten [%]	Sonsstiges [%]																																				
Waschmaschinen	78,1	2,5	1,9	2,0	15,5																																				
Haushaltsgeräte	39,2	8,1	22,8	18,6	11,3																																				
Fernsehgeräte	9,7	5,5	8,1	24,2	52,5																																				
MSR-Technik	35,2	13,5	8,2	28,0	15,1																																				
Cu	Pb	Fe	Ni	andere Edelmetalle																																					
12-25	1-5	5-10	1-3	0,1																																					
Rechtsgrundlagen bzw. Referenzdokumente mit Geltung für Europa	<p>Die derzeitige Rahmengesetzgebung für diese Abfallart bilden die Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE) vom 27. Januar 2003 geändert durch Richtlinie 2003/108/EG vom 8. Dezember 2003 und</p> <p>die Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten vom 27. Januar 2003 (RoHS).</p>																																								
Wesentliche Anforderungen bzw. Grundlagen für den Umgang mit dem Abfallstrom	Als ein wesentliches Element zum umweltgerechten Umgang mit Elektro- und Elektronikaltgeräten sollten, wie in den genannten Richtlinien festgelegt, die Nutzung verschiedener schadstoffhaltiger Substanzen in diesen Produkten eingeschränkt und Vorgaben für deren Sammlung und Behandlung gemacht werden. Zur Umsetzung einer Produzentenverantwortung sind dabei auch Mechanismen für die Rücknahme der gebrauchten Geräte über die Hersteller und Systeme zur Behandlung dieser Produkte zu veran-																																								

	<p>lassen. Die Rückgabemöglichkeit soll für den Endverbraucher kostenfrei sein. Wo anders als in der EU keine entsprechenden gesetzlichen Regelungen getroffen werden können, sollte zur Setzung eines Rückgabeanreizes und damit für eine wirksame Erfassung ähnlich verfahren werden. Für die weitere Behandlung sowie Ablagerung der erfassten Abfälle sind die besten verfügbaren Techniken anzuwenden.</p> <p>EU-Mitgliedsstaaten haben gemäß der seit 2003 geltenden Richtlinien sicherzustellen, dass neue Elektro- und Elektronikgeräte seit dem 01.Juli 2006 kein Blei, Quecksilber, Cadmium, Chrom (VI) polybromiertes Biphenyl (PBB) bzw. polybromierten Diphenylether (PBDE) enthalten. Ausnahmen von der Verordnung z.B. für Leuchtstoffröhren sind speziell definiert; s. Anhang Richtlinie 2002/96/EG. Über ein Konsultationsverfahren werden Informationen aus denen sich die Notwendigkeit zur Neuregelung bzw. Anpassung der Vorgaben z.B. aufgrund neuer Entwicklungen oder Erkenntnisse ergeben könnte, gesammelt. Unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Erfahrungen werden Zielvorgaben für die Verwertung und Wiederverwendung von Elektro- und Elektronikaltgeräten dann neu festgelegt.</p>
Geeignete bzw. empfohlene Erfassungswege und -strategien	<p>Als wirksame Wege zur getrennten Sammlung und Erfassung von Elektro- und Elektronikaltgeräten haben sich erwiesen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vereinbarungen durch Groß- und Einzelhandel zur Rücknahme gebrauchter Geräte auf freiwilliger Basis; • Nutzung von Erfassungsmechanismen aufbauend auf kommunalen Sammelstellen (z.B. Wertstoffannahmestellen) und selektiven Sammlungen (Straßensammlung/Abrufsystem) <p>Öffentlichen Stellen ist die Nutzung separater Container oder solcher mit einer speziellen Aufteilung in verschiedene Sektionen für die getrennte Erfassung unterschiedlicher Fraktionen (z.B. Kühlgeräte, Leuchtstoffröhren, Fernseheräte, Haushaltsgeräte, Informations- und Telekommunikationsgeräte, Multimedia- und Unterhaltungsgeräte) empfohlen. Alternativ werden die Geräte nach Fraktionen getrennt z.B. bei der Wertstoffannahmestelle erfasst und zur Weiterverwertung bereitgestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung von Sammelsystemen zur Erfassung trockener Wertstoffe (z.B. Sammlung von Verpackungsabfällen) zur Miterfassung von Elektro- und Elektronik<small>kleiner</small>geräten (Anwendung in Deutschland als Modell "trockene Tonne" bzw. Gelbe Tonne Plus) <p>Für die in Deutschland per Gesetz festgelegte Realisierung der Rücknahmeverpflichtungen müssen sich Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten beim Elektro-Altgeräte-Register (EAR) registrieren lassen. Für die Hersteller von Gebrauchsgütern (B2C) ist hierbei die Stellung einer Garantie unabdingbare Voraussetzung. http://www.stiftung-ear.de/</p>
Geeignete bzw. empfohlene Behandlungswege und -strategien	<p>Reparatur- und Aufarbeitungsprogramme</p> <p>Die Nutzung von Reparatur- und Aufarbeitungsmethoden sollte der bevorzugte Weg im Umgang mit Elektro- und Elektronikaltgeräten sein. Diese können in Abhängigkeit vom Zustand der erfassten Altgeräte in einem mehrstufigen Prozess zur Ausführung kommen. In Frage kommen dabei</p> <ul style="list-style-type: none"> - der Wiederverkauf von gut aussehenden Geräten nach Funktionsprüfung, - die Aufarbeitung zur Weiternutzung, oder - die vollständige Demontage einschließlich Rückgewinnung und Nutzung von brauchbaren Komponenten und Ersatzteilen.

Ein erhebliches Gefahrenpotenzial beinhalten einfache Aufbereitungs- und Rückgewinnungstechniken die, wie häufig noch in weniger entwickelten Ländern zu beobachten, ohne die notwendigen Schutzvorkehrungen zur Anwendung gebracht werden (z.B. Abbrennen der PVC-Isolierungen von Kabeln im offenen Feuer, Auflösen von Leiterplatten in Säurebädern)!

Demontage

Die Demontage von Elektro- und Elektronikaltgeräten wird zur Abtrennung von gefährlichen Komponenten (z.B. polychloriertes Biphenyl, Kondensatoren, Quecksilber enthaltende Mess- und Kontrolltechnik) sowie den wiedergewinnbaren wertvollen Materialien, nutzbaren Komponenten und Metalle vom restlichen Material angewandt. Die Demontage erfolgt größtenteils manuell. Dabei werden üblicherweise die folgenden Fraktionen erzeugt:

- Eisen- und Nichteisenmetalle
- Kabel
- Kunststoffe
- Gummi
- Holz
- Monitore
- Metall-Kunststoff-Verbunde
- Leiterplatten und Platinen
- Batterien
- gefährliche Bestandteile

Der Grad der Abtrennung hängt von den vorhandenen Recyclingmöglichkeiten ab. Für einige Fraktionen können die in anderen Datenblättern erläuterten Verwertungs- und Beseitigungswege genutzt werden.

Aufbereitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten

Die Aufbereitung beinhaltet mechanische, thermische und chemische Prozesse, welche eine weitere Verwertung von Materialien erlauben.

Mechanische Prozesse

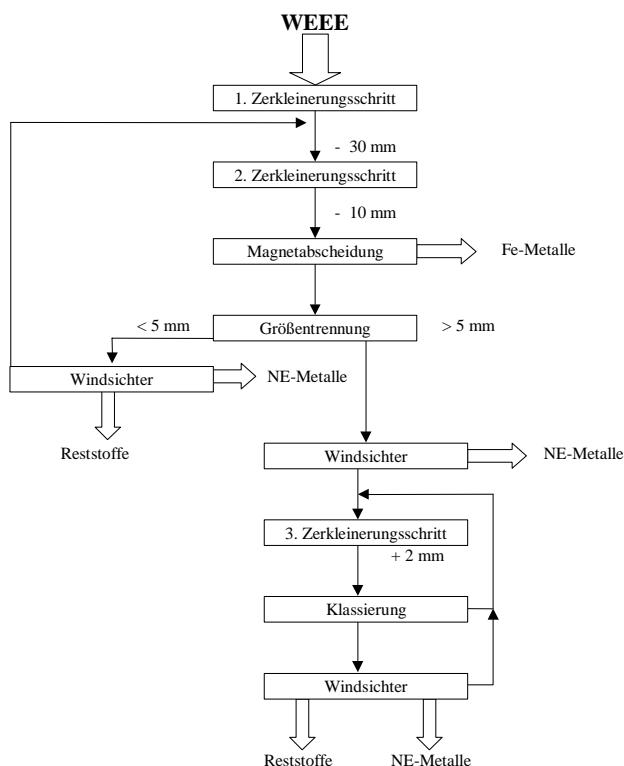


Abb.1: Fließschema eines mechanischen Aufbereitungsprozesses

Mechanische Prozesse werden vorzugsweise für die Trennung von Metall-Kunststoff-Verbunden mit dem Ziel des Recyclings und der Materialverwertung durchgeführt.

Thermische Prozesse (z.B. Pyrolyse) werden insbesondere beim Recycling von Mikroelektronikbauteilen und Leiterplatten genutzt. Bei der Pyrolyse werden thermisch organische Komponenten abgebaut, Verbundstoffe versprödet und durch Schmelzen des Lötmetalls die Lötverbindungen gelöst.

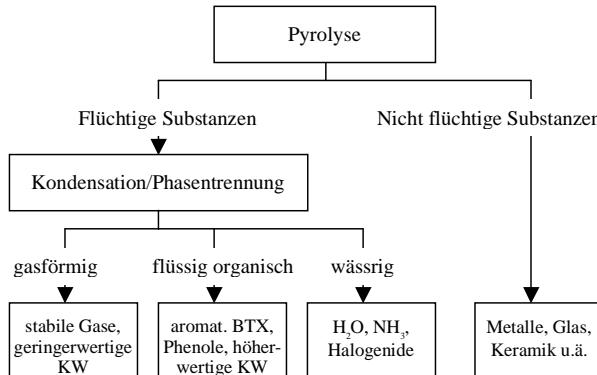


Abb.2: Pyrolyseschema bei Anwendung auf Elektro- und Elektronikaltgeräte

Klassische Trennmethoden können bei der Wiedergewinnung von wertvollen Metallen genutzt werden. Angereichert im Anodenschlamm nach elektrolytischer Raffination können diese auf dem Weg hydrometallurgischer Methoden bzw. der Elektrolyse rückgewonnen werden.

Die Nutzung verschiedener Verwertungsoptionen lässt sich durch die Kombination unterschiedlicher Verfahren erreichen, integriert in eine Prozesskette unter einem Dach (z.B. Recyclingzentrum) wird daraus eine modern und effizient gestaltete Aufbereitung.



Abb.3: Prozesskombination in einem Altgerätezerlegungsbetrieb

Bei einer solchen Variante kann der Zerlegungsbetrieb auf mehrere Arbeitsstationen verteilt werden die sich z.B. auf folgende Fraktionen bzw. Arbeitsgänge spezialisieren:

- Monitore
- Personalcomputer
- Großgeräte
- Zerlegung mittels Schneidbrenntechnik
- Zerlegung mittels Plasmabrenner

	<p>Zusätzlich können durch Einsatz von speziell an die Elektroaltgeräteaufbereitung angepassten Zerkleinerungsaggregaten sowie anschließende magnetische Trennung und Sichtungs- und Klassierprozesse (ballistische/Windsichtung u.ä.) auch komplex zusammengesetzte E-Schrottabfälle effizient aufbereitet werden. Die Kombination der Verfahren ermöglicht es nahezu alle Arten von Elektro- und Elektronikaltgeräten zu behandeln und Wertstoffe mit hoher Effizienz und Reinheit daraus rückzugewinnen.</p> <p>Die Qualitäten der in modernen mechanischen Aufbereitungsanlagen erzeugten Stoffströme können wie folgt beschrieben werden:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Materialfraktionen</th><th>Eisen [Ma.-%]</th><th>Nichteisen [Ma.-%]</th><th>Nichtmetall [Ma.-%]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Eisenmetalle</td><td>95-99</td><td>0,1-5</td><td>0,5-5</td></tr> <tr> <td>Nichteisenmetalle</td><td></td><td>>95</td><td>0,5</td></tr> <tr> <td>Kunststoffe und Staub</td><td>0-2</td><td>1-5</td><td>> 95</td></tr> </tbody> </table>	Materialfraktionen	Eisen [Ma.-%]	Nichteisen [Ma.-%]	Nichtmetall [Ma.-%]	Eisenmetalle	95-99	0,1-5	0,5-5	Nichteisenmetalle		>95	0,5	Kunststoffe und Staub	0-2	1-5	> 95
Materialfraktionen	Eisen [Ma.-%]	Nichteisen [Ma.-%]	Nichtmetall [Ma.-%]														
Eisenmetalle	95-99	0,1-5	0,5-5														
Nichteisenmetalle		>95	0,5														
Kunststoffe und Staub	0-2	1-5	> 95														
Verfügbare Recyclingmöglichkeiten und -verfahren	<p>Im folgenden werden für ausgewählte Produktgruppen verfügbare Recyclingmöglichkeiten bzw. -verfahren beschrieben.</p> <p>Kühlgeräte</p> <p>Bei der Aufbereitung der Kühlgeräte ist besonders auf die Rückgewinnung der enthaltenen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) bzw. bei neueren Geräten auf die kohlenwasserstoffgeschäumten Kühlmittel (VOC) zu achten. Das Recycling erfolgt in geschlossenen Anlagen, um ein Entweichen der Kühlmittel zu verhindern. Ein daraus resultierendes Prozessschema ist nachfolgend wiedergegeben:</p> <pre> graph TD A[Annahme / Sortierung] --> B[FCKW-haltig] A --> C[FCKW-frei] A --> D[NH3-haltig] B --> E[Aussaugung] E --> F[Kompressor Entnahme] C --> E D --> E E --> G[Zerkleinerung] G --> H[Trennung I und II] H --> I[Trennung III] I --> J[Feinzerkleinerung] J --> K[Luftabsaugung] K --> L[FCKW-Rückgewinnung] F --> G G --> M[Trennung I und II] M --> N[Trennung III] N --> O[Feinzerkleinerung] O --> P[PUR-Schaum (entgast)] P --> Q[Treibmittel (FCKW, ...)] </pre> <p>Abb.4: Ablaufschema VOC-Anlage (Quelle: R-plus Recycling GmbH)</p> <p>Bildschirmgeräte</p> <p>Die meisten Monitore und Fernsehgeräte bestehen aus Kathodenstrahlröhren, welche im Wesentlichen aus Glas bestehen. Das Glas enthält Bleioxide zum Schutz vor der Strahlung. Andere Schwermetalloxide, wie z.B. Cadmium, wurden manchmal in der Phosphorbeschichtung eingesetzt. Weil das Blei sich vom Glas lösen kann und Boden und Grundwasser belastet, ist eine Ablagerung auf Deponien aus Umweltsicht nicht erstrebenswert.</p> <p>Die beste Alternative zur Behandlung von Bildschirmgläsern ist die Trennung der unterschiedlichen Arten von Glas (Schirm- und Konusglas, da diese unterschiedliche Qualitäten aufweisen), die Entfernung der Beschichtungen, Zerkleinerung Entfernung von Metallanhaltungen und der Wiedereinsatz in der Glasindustrie zur Herstellung neuer Bildschirme. Als Anfor-</p>																

derung zum Wiedereinsatzes des Glasbruchs müssen die Schirm- und Konusgläser in bestimmte Qualitäten sortiert werden, welche mit den Anforderungen der Glasindustrie übereinstimmen. Abgelehnt werden Gläser, welche schadstoffhaltige Materialien enthalten. Beschichtungen im Schirmglas enthalten oft Zinksulfide oder Blei und Cadmium. Ein Nass/Trockenvakuum mit einer hocheffizienten Staubabtrennung oder spezielle Filter werden bei der Entfernung der potenziell schadstoffhaltigen Beschichtungen eingesetzt. Zum Einsatz in den Glasfabriken müssen Eisen- und Nichteisenmetalle vom Glas entfernt sein. Dies erfolgt mit Hilfe von Überbandmagneten für die Eisenmetalle und einem vertikal eingesetzten Nichteisenabscheider an den zerkleinerten Glasscherben. Das erzeugte Produkt ist gereinigt und für den Schmelzprozess bereit.

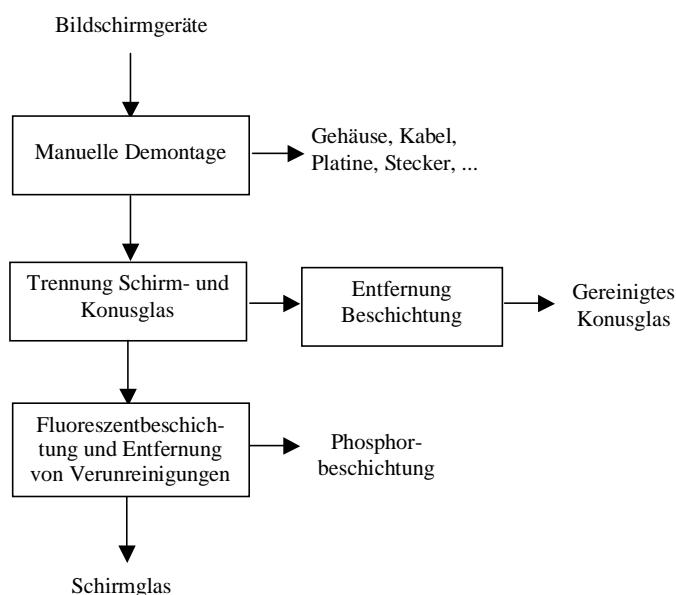


Abb.5: Vereinfachtes Aufbereitungsschema für Bildschirmgeräte

Kunststoffteile

Eine wirksame Kunststoffrückgewinnung kann durch folgende Prozessschritte realisiert werden:

1. Zerkleinern großer Gehäuse in kleine Stücke und Reinigung (Entfernung von Verunreinigungen)
2. Trennung nach Kunststoffsorten. Dies kann durch einen 3-stufigen Dichtetrennprozess erfolgen (redundanter Hydrozyklonprozess, 2. redundanter Hydrozyklonprozess, Schwimm-Sink-Trennung) an den sich eine elektrostatische Trennung als abschließender Schritt anschließt.
3. Charakterisierung und Identifikation von Kunststoffteilen, Ermittlung von physikalischen Besonderheiten des separierten Kunststoffes

Nach der Durchführung aller Prozessstufen können 6 Outputströme erzeugt werden:

- Gemischte Polyethylen und Polypropylen
- Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)
- schlagfestes Polystyrol (HIPS)
- Polycarbonate
- Polycarbonate ABS gemischt
- Andere Kunststoffe wie z.B. Nylon oder PVC

Das gemischte Polyethylen und Polypropylen kann ohne weitere Trennung oder Aufbereitung in den Markt gegeben werden. HIPS, ABS, Polycarbo-

	<p>nate und Polycarbonate/ABS sind begehrte Wertstoffe und können anstelle von Rohmaterial genutzt werden.</p> <p><u>Leiterplatten und komplexe Komponenten</u></p> <p>Die metallhaltigen Ströme bei der Zerlegung elektronischer Altgeräte umfassen insbesondere Leiterplatten und komplexe Komponenten. Komplexe Komponenten sind z.B. Laufwerke, Gehäuse, Drucker, Tastaturen. Leiterplatten enthalten die wertvollsten Metalle jedoch werden auch die meisten toxischen Metalle in elektronischen Abfällen gefunden. Der Edelmetallgehalt in Leiterplatten ist 10 bis 100-fach größer als der einer gleichen Menge des entsprechenden Roherzes. Unterschiedliche Methoden und Ausrüstungen werden benötigt, um Leiterplatten und komplexe Komponenten zu recyceln.</p> <p>Die meisten Praktiken zur Aufbereitung komplexer Komponenten starten mit der Demontage und nachfolgender Zerkleinerung und /oder Sortierschritten. Leiterplatten indes werden zur Wiedergewinnung von Edelmetallen und Kupfer vielfach noch komplett in Kupferschmelzen gegeben. Dabei können auch toxische Stoffe zerstört bzw. unschädlich gemacht werden. Allerdings ist das Beschicken der Kupferschmelzen mit ganzen Leiterplatten nicht effizient, weil ungefähr 70 Masse-% nichtmetallische Materialien sind.</p> <p>Eine signifikante Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in der Metallgewinnung kann durch eine Trennung der Metalle und Nichtmetalle durch verschiedene Prozesse erreicht werden, wobei auch die Reinheit der Materialien vor dem Einsatz in den Schmelzen verbessert wird. Techniken aus der Erzaufbereitung und mineralogischen Verarbeitungsindustrie können dazu genutzt werden. Diese Techniken beinhalten Schritte der Zerkleinerung, Siebung, Trennung und Anreicherung welche zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften führen und eine wirtschaftliche Rückgewinnung der verschiedenen Metalle ermöglichen.</p> <p>Zur Wiedergewinnung verschiedenster Metalle werden Schmelzen mit differenzierten Behandlungsschritten (Raffinerieprozess) genutzt. Edelmetalle werden von anderen Metallen in der Schmelze getrennt, wobei sich letztere in der bleihaltigen Schlacke konzentrieren. Das Kupfer und die Edelmetalle werden im nächsten Schritt durch Auslaugung und elektrolytische Prozesse getrennt. In der anschließenden Edelmetallraffinerie werden reine Edelmetalle erzeugt. In parallelen Schritten werden Metalle, wie Nickel oder Blei gewonnen.</p>
Auswirkungen auf andere Bereiche	Die Aufbereitung von Elektroaltgeräten birgt, insbesondere im Bereich der Reparatur, Zerlegung und Rückgewinnung von Ersatzteilen und wiederverkaufsfähigen Komponenten, hohe Beschäftigungspotenziale. Nach einfacherem Anlernen können vor allem auch Menschen mit Behinderungen, weniger qualifizierte oder sozial benachteiligte Personen hierdurch eine Arbeitstätigkeit erfahren. Spezielle Werkstätten, integrative und karitative Einrichtungen können in diesem Bereich tätig werden.
Referenzen und Dienstleister bzw. Hersteller <i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser</i>	Wie in Europa so gibt es auch in Deutschland ein weites Netz an Zerlegungs- und Aufbereitungsbetrieben für Elektronikaltgeräte. Diese werden zum Teil von den Entsorgungsfirmen betrieben oder bilden eigenständige Unternehmen. Beispiele hierfür sind: Berliner Stadtreinigungsbetriebe, Berlin http://www.bsr-online.de REMONDIS Electorecycling GmbH, Lünen http://www.remondis.de R-plus Recycling GmbH, Eppingen http://www.r-plus.de

<i>Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i>	GWAB Recycling-Zentrum, Wetzlar BRESCH Recycling GmbH, Wangerland	http://www.gwab-recycling.de http://www.hvg-elektronrecycling.de
Weitere Informationen für den Bereich des Elektro- und Elektronikgeräterecyclings und Auskünfte zu den hier tätigen Firmen die auch in großer Zahl von ihm vertreten werden, sind erhältlich beim: ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, e.V, Frankfurt/M. http://www.zvei.org		