

DOKUMENTATIONEN

05/2016

Informationen zur Schadstoff- und Ressourcenrelevanz von Werkstoffen und Bauteilen von EAG

Zusammenstellung von Informationen in 21 stoff-,
bauteil- und gerätebezogenen Fact Sheets zur
Ermittlung des Behandlungsbedarfs von EAG

DOKUMENTATIONEN 05/2016

Informationen zur Schadstoff- und Ressourcenrelevanz von Werkstoffen und Bauteilen von EAG

Zusammenstellung von Informationen in 21 stoff-, bauteil- und gerätebezogenen Fact Sheets zur Ermittlung des Behandlungsbedarfs von EAG

von

Elisabeth Nunweiler
Umweltbundesamt Dessau-Roßlau

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Abschlussdatum:

September 2015

Redaktion:

Fachgebiet III 1.6 Produktverantwortung
Elisabeth Nunweiler

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/informationen-zur-schadstoff-ressourcenrelevanz-von>

ISSN 2199-6571

Dessau-Roßlau, März 2016

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1. Fact Sheet - Quecksilberhaltige Bauteile	4
2. Fact Sheet - Batterien / Akkumulatoren	9
3. Fact Sheet - Leiterplatten	13
4. Fact Sheet - Tonerkartuschen	16
5. Fact Sheet - Kunststoffe	18
6. Fact Sheet - Asbestabfall.....	21
7. Fact Sheet - Kathodenstrahlröhren.....	25
8. Fact Sheet – FCKW	29
9. Fact Sheet - Gasentladungslampen	32
10. Fact Sheet - Flüssigkristallanzeigen	35
11. Fact Sheet - Externe elektrische Leitungen.....	39
12. Fact Sheet - Feuerfeste Keramikfasern.....	41
13. Fact Sheet - Bauteile mit radioaktiven Stoffen.....	43
14. Fact Sheet - Elektrolytkondensatoren.....	45
15. Fact Sheet - Cadmium-, selenhaltige Fototrommeln.....	47
16. Fact Sheet – PCB-haltige Kondensatoren.....	49
17. Fact Sheet - Photovoltaikmodule.....	51
18. Fact Sheet - Permanentmagnete	55
19. Fact Sheet – Light-Emitting Diode	57
20. Fact Sheet - Antimon.....	60
21. Fact Sheet - Beryllium	62
Literaturverzeichnis	64

Vorwort

Das Umweltbundesamt betrachtet derzeit vor dem Hintergrund neuartiger Gerätetechnologien (bspw. Flachbildschirme, Photovoltaikmodule) sowie aufbauend auf den Erfahrungen seit der Einführung des ElektroG 2005 den Status quo der Behandlung, die Effektivität einzelner Behandlungsverfahren und prüft die Notwendigkeit weiterer Anforderungen.

Insbesondere enthält die Anlage 4 des ElektroG Anforderungen zur Schadstoffentfrachtung der EAG (Elektroaltgeräte). Behandlungsvorgaben zur Stärkung der Ressourcenschonung existieren nur mittelbar durch geräte- und materialunspezifische Quotenvorgaben.

Um nachvollziehbare und belastbare erweiterte Anforderungen an die Behandlung von EAG festlegen zu können, wird die Auswertung von verschiedenen Regelungen, Normen etc. mit Blick auf die selektive Behandlung der Werkstoffe und Bauteile von Altgeräten nach Anlage 4 ElektroG fortlaufend betrieben. Mit vorliegenden 22 Fact Sheets fassen wir unseren derzeitigen Informationsstand zu schadstoff- und ressourcenrelevanten Geräten, Komponenten, Bauteilen und Stoffen kompakt zusammen.

Die Fact Sheets erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr handelt es sich um eine Übersicht des derzeitigen Informationsstandes, der im Verlauf der Arbeiten des Arbeitskreises – Anforderungen an die Behandlung von EAG (AK-ABEAG), erweitert werden soll. Für diese Ergänzungen werden neue Informationen aus Forschungsvorhaben, Normierungsprozessen, Informationen aus der Praxis, Umfragen, Betriebsbesichtigungen und insbesondere aus den Fortschritten der Arbeit des AK-ABEAG und dessen Arbeitsgruppen herangezogen. Der so gewonnene Informationszuwachs wird regelmäßig in die Fact Sheets eingearbeitet.

1. Fact Sheet - Quecksilberhaltige Bauteile

<p><i>Nach ElektroG2 Anlage 4</i></p> <p>1.a Quecksilberhaltige Bauteile wie Schalter oder Lampen für Hintergrundbeleuchtung</p>	
<p>Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quecksilber(Hg-)haltige Bauteile müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden. - Bei Lampen für die Hintergrundbeleuchtung von LC Displays handelt es sich um Gasentladungslampen, die Hg beinhalten und nach entsprechenden Vorgaben behandelt werden müssen (s. 9. Fact Sheet - Gasentladungslampen und 10. Fact Sheet - Flüssigkristallanzeigen). - Bei der Aufbereitung von Lampen zur Verwertung ist ein Hg-Gehalt von höchstens 5 mg/kg Altglas einzuhalten (s. 9. Fact Sheet - Gasentladungslampen).
<p>Vorkommen in Sammelgruppe (SG) nach § 9 ElektroG (2005):</p>	<p>1, 2, 3, 4, 5</p>
<p>Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2015):</p>	<p>Siehe oben, Anforderungen nach ElektroG (2005)</p>
<p>Vorkommen in SG nach § 14 ElektroG (2015):</p>	<p>1, 2, 3, 4, 5</p>
<p>Status quo Erstbehandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Hg-haltigen Bauteilen handelt es sich um einen Stoffstrom, der sich stark rückläufig entwickelt. - Der Einsatz von Hg-haltigen Bauteilen in Elektro(nik)geräten (EEG) ist seit implementieren der RoHS-RL von 2005 in nationales Recht untersagt (max. 0,1% im homogenen Werkstoff (s.u.)). - In Behandlungsanlagen kommen allerdings EAG mit diesen Bauteilen wie z.B. Schaltern zurück. - Zertifizierte Erstbehandlungsunternehmen verfügen über langjährige Erfahrungen mit EAG, in denen sich Hg-haltige Schalter befinden. Sofern die Geräte einer manuellen Vorbehandlung unterzogen werden, können diese Bauteile in einschlägigen Anwendungen gezielt entfernt werden. - Hg-haltige Bauteile werden manuell bei der Vorbehandlung ausgebaut. - Gelangen EAG mit Hg-haltigen Bauteilen in die mechanische Vorzerkleinerung, können diese zerstört, Hg freigesetzt und die Abluft sowie das Schreddermaterial kontaminiert werden. - Hg-haltige Bauteile gelangen heute insbesondere in Form der Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen in die

Erstbehandlung. Diese stellen hier einen relativ neuen EAG-Strom dar.

- Die Anzahl der Leuchtstoffröhren variiert stark. Sie ist abhängig von der Gerätegröße und –art. Dadurch ergeben sich insbesondere Unterschiede zwischen Monitor- oder Fernsehgerät.
- Monitore enthalten in der Regel seitlich angebrachte Leuchtstoffröhren, die an den Rändern der FPD angebracht sind. Die Anzahl der Röhren beträgt i.d.R. 2-4 Stück.
- Fernsehgeräte besitzen eine flächig installierte Hintergrundbeleuchtung, dabei sind die Röhren längs hinter der gesamten Displayplatte angebracht. Die Anzahl der Röhren für die Hintergrundbeleuchtung ist abhängig von der Größe des Gerätes (Diagonale). Es können über 40 Röhren enthalten sein. Die Röhren enthalten je ca. 2,5-3 mg Hg/St.^[1]
- Zunächst wurden die erfassten EAG manuell an speziellen Arbeitsplätzen mit Abluftabsaugung entfrachtet. Die Verfahren zur angemessenen Behandlung wurden und werden weiterentwickelt und zunehmend automatisiert. So bestehen in Deutschland bislang zwei unterschiedliche Verfahren zur teilautomatisierten Demontage.
 - **Manuelle Behandlung** der Hg-haltigen Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen (Flat Panel Displays, FPD):
 - Ein speziell ausgestatteter Arbeitsplatz wird für die manuelle Demontage der Hg-haltigen Hintergrundbeleuchtung aus FPD benötigt.
 - Die Errichtung eines solchen Arbeitsplatzes ist mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden, der sich laut einigen Erstbehandlern nicht rentiert. Aus Arbeits- und Umweltschutzsicht ist dieses allerdings unbedingt notwendig, um den Austritt von Hg bei manueller Demontage zu vermeiden.
 - Die Geräte werden manuelle geöffnet und die enthaltenen Leuchtstoffröhren der Hintergrundbeleuchtung entnommen.
 - Bruch wird i.d.R. in geschlossenen Behältern erfasst.
 - Die Lampen werden in spezialisierten Behandlungsanlagen weiter behandelt.
 - (Eine Wiederverwendung der Panels ist möglich.)
 - **Teilautomatisierte Entfrachtung** der Hg-haltigen Hintergrundbeleuchtung von FPD:
 - Die Verfahren der teilautomatisierten Demontage der Hg-haltigen Hintergrundbeleuchtung wurden in den letzten Jahren entwickelt. Es handelt sich um noch relativ junge Verfahren, die fortentwickelt werden. Durch den erhöhten

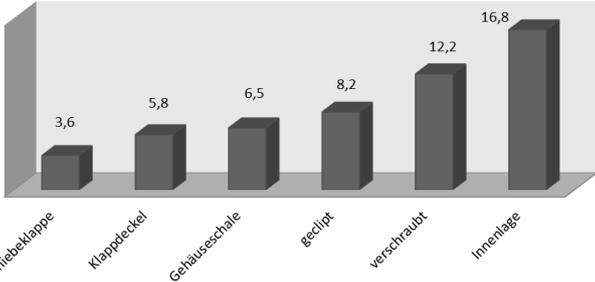
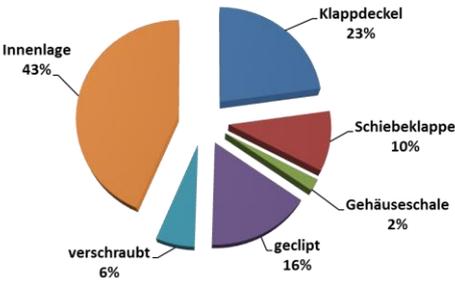
	<p>Automatisierungsgrad kann ein hoher Gerätedurchsatz realisiert werden, daher werden sie momentan von großen Erstbehandlungsunternehmen mit hohem FPD-Aufkommen eingesetzt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei den bestehenden Verfahren werden Monitor- und Fernsehgeräte unterschiedlich behandelt. Die Füße beider Geräte werden vor der Behandlung demontiert (hochwertige Kunststoffe). • Bei den Verfahren, werden bei Monitoren die Rahmenseiten inklusive der seitlich angebrachten Leuchtstoffröhren maschinell entfernt, sodass die Lampen erhalten bleiben oder unter direkter Absaugung zerstört werden. Der schadstoffentfrachtete Geräterest wird dann manuell oder mechanisch weiterbehandelt. Er enthält die hochwertige Leiterplatte, Fe- und NE-Metalle und hochwertige Kunststoffe wie die Monitorscheibe.^[1] • Bei Fernsehern mit flächig angebrachten Röhren müssen andere Verfahren angewandt werden. Eines ist z.B. die Displayeinheit der Fernsehgeräte entlang des Rahmens maschinell aufzuschneiden. Die Scheibe (zumeist aus hochwertigem Kunststoff PMMA) kann dann entfernt und die Leuchtstoffröhren der Hintergrundbeleuchtung manuell, mittel einfacher Werkzeuge, entfernt werden. Die Röhren werden dabei zerstört, die Bruchstücke fallen in ein geschlossenes Sammelbehältnis und werden in einer spezialisierten Anlage weiterbehandelt. Der entfrachtete Geräterest kann dann manuell oder mechanisch weiterbehandelt werden. Er enthält wie der Monitorrest Leiterplatten, Fe- und NE-Metalle und hochwertige Kunststoffe. <p>- Rein mechanische Entfrachtung der Hg-haltigen Hintergrundbeleuchtung von FPD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es existieren auch rein mechanisch gestaltete Verfahren zur Schadstoffentfrachtung von FPD. Hierbei werden ganze FPD-Geräte unter Luftabsaugung in einem gekapselten Schredder zerkleinert.^[2]
<p>Relevante Bauteile^[3]:</p>	<p>Hg-halte Bauteile sind z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quecksilberdampfdruckschalter, Quecksilberneigungs- oder -kippschalter, Quecksilberzeitschalter, Quecksilberrelais (Tauchrelais, thermische Relais, Stromstoßrelais) - Viele Hg-Schalter sind bei der Demontage leicht als identifizierbar (z.B. aus Glas). Jüngere Hg-Schalter wurden zunehmend gekapselt. Sie sind durch ein Material (Metall, Kunststoffgehäuse) umschlossen, dieses erschwert die Identifizierung. - Thermostate, Kontaktthermometer

2. Fact Sheet - Batterien / Akkumulatoren

<p>Nach ElektroG2 Anlage 4</p> <p>1.b Batterien / Akkumulatoren</p>	
<p>Anforderungen an die Behandlung nach ElektroG (2005):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Batterien und Akkumulatoren (Akkus) müssen nach §4 Produktgestaltung - ElektroG problemlos aus EAG entnehmbar sein. - Batterien und Akkus müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anhang 3). - Batterien und Akkus müssen in geeigneten Behältern gelagert und transportiert werden.
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):</p>	<p>1, 3, 4, 5</p>
<p>Anforderungen an die Behandlung nach ElektroG (2015):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Batterien und Akkus müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anlage 4). - Erstbehandlung umfasst nicht die zerstörungsfreie Entnahme von Batterien/Akkus, die nicht vom Gerät umschlossen sind (§3 Abs. 24). - Batterien müssen nach § 4 Produktkonzeption durch den Endnutzer, mindestens aber durch Hersteller unabhängiges Fachpersonal, problemlos entnehmbar sein. - Altbatterien und Altakkumulatoren, die nicht vom Altgerät umschlossen sind, sind vor der Abgabe an einer Erfassungsstelle vom Gerät zu separieren und getrennt zu erfassen (§ 10 Abs. 1). - Altgeräte der Sammelgruppe 5 die Batterien oder Akkus enthalten sind getrennt von den anderen Altgeräten in einem eigenen Behältnis zu sammeln (§ 14 Abs. 1). - Hersteller müssen Informationen zum Typ, chemischen System und zur sicheren Entnahme im Benutzermanual bereitstellen (§ 28 Abs. 2). - Batterien und Akkus sind bei der Behandlung von EAG so zu entfernen, dass sie nicht beschädigt werden und nach der Entfernung identifizierbar bleiben (Anlage 4). - Batterien und Akkus müssen in geeigneten Behältern gelagert werden (Anlage 5). <p>(Des Weiteren sind Bestimmungen nach Batterieverordnung und die gefahrgutrechtlichen Bestimmungen nach ADR zu beachten.)</p>
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):</p>	<p>1, 2, 3, 5</p>
<p>Status quo Erstbehandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die Anforderungen nach der Batterieverordnung sind zu beachten. - Aus Sicherheitsgründen werden Batterien und Akkus an der Sammelstelle vor der Vorbehandlung aus EAG entnommen.

	<ul style="list-style-type: none"> - Die Entnahme wird oftmals durch feste Verbauung (z.B. Verklebung) von Batterien und Akkus im Geräteinneren erschwert. - Geräte mit nicht entnehmbaren Batterien und Akkus sollen in separaten Behältern an der Sammelstelle erfasst werden. - Verschiedene Einbauarten (Vergleich von Klicksystemen mit Verschraubungen) beeinflussen die Demontagezeit eindeutig (s.u. Forschungsergebnisse). - Die Brandgefahr, die von Li-Ionen Batterien/Akkus ausgeht, wird durch zahlreiche Berichte zu Bränden belegt. - In Betrieben mit rein manueller EAG Behandlung werden Batterien/ Akkus händisch demontiert und als separaten Fraktion der weiteren Verwertung nach Batterieverordnung in spezialisierten Anlagen zugeführt. - In Erstbehandlungsbetrieben mit grober Vorzerkleinerungsstufe werden leicht zugängliche Batterien und Akkus z.T. vor der mechanischen Zerkleinerung manuell demontiert. Festverbaute Batterien und Akkus werden nach dem groben mechanischen Aufbruch manuell aus dem Schreddergut aussortiert. Die erzeugte Fraktion wird in spezialisierten Anlagen weiter aufbereitet. Dabei sollen Batterien identifizierbar und unzerstört bleiben und vollständig aus dem Schredderoutput entfernt werden. - Für die Wahl der geeignetsten, zerstörungsfreien Vorzerkleinerungstechnik bestehen verschiedene Ansichten. Bei der Zerkleinerung mittels Querstromzerspanner werden die eingebrachten Materialien nicht zerschnitten, sondern durch hammerartige Schlagwerkzeuge zertrümmert. Dadurch können Zerstörung (Auslaufen) und drastische Beschädigungen der Batterien verhindert werden. Batterien sind dann im Output identifizierbar und können manuell aussortiert werden. - Batterien werden, soweit sie separiert werden an spezialisierte Verwertungsunternehmen weitergegeben.
<p>Relevante Bauteile^[3]:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - NiMH-Batterien und Akkus - NiCd-Batterien - (Li-)Knopfzellen - Zink-Kohle Batterien - Alkali-Mn-Batterien - Li-Ionen Batterien und Akkus - Bleihaltige Batterien
<p>Relevante Geräte^[3]:</p>	<p>Kabellose Geräte mit integriertem Energiespeicher, Automatische Ausgabegeräte, PC, Laptop, Tablet, Handy, Taschenrechner, Telefon, BSG, kleine Küchengeräte (elektr. Dosenöffner, etc.), Uhren, Videospiele, -konsolen, Werkzeuge</p>

Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - Mit dem Verbot von Hg und Cd in Batterien sind diese in Geräten neuerer Generationen nicht mehr enthalten. - Der Trend einer zunehmenden Nutzung von -Akkus in EEG sitzt sich weiterhin fort, zurzeit werden in diesem Feld vorrangig Li-Ionen-Akkus eingesetzt. - Es existieren Forschungsanstrengungen zur Entwicklung weniger gefährlicher Batterien- und Akkusysteme als die Li-Ionen-Technik. Die Substitution von Li wird angestrebt.
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - In Batterien und Akkus sind zahlreiche ressourcenrelevante Metalle enthalten wie Kobalt, Nickel, Mangan oder Zink. Es gilt diese durch geeignete Rückgewinnungsverfahren zu recyceln und wieder einzusetzen.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Hg (siehe 1. Fact Sheet); - Cadmium (Cd) wirkt schädlich für Mensch und Umwelt. ^[4] - Cd (CAS-Nr.: 7440-43-9), Humantoxizität: Wirkt Karzinogen, reproduktionstoxisch und mutagen. Cd weist eine akute und chronische Toxizität auf. ^[4] - Cd wirkt gewässergefährdend in Kat.1 und ist sehr giftig für Wasserorganismen. ^[4] - H-Sätze: 350; 341; 361fd; 330; 372; 410; - P-Sätze: 201; 281; 273; 304; 309+310; Batterien und Akkus (Li-Ionen) sind häufige Ursache von Bränden in Behandlungs-/ Verwertungseinrichtungen
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Die manuelle Demontage ist nicht verpflichtend, wenn durch eine mechanische Behandlung unbeschädigte (identifizierbare) Batterien/Akkus erhalten und separiert werden. ^{[3] [5]} - Eine manuelle Demontage soll erfolgen, wenn Batterien/Akkus leicht zugänglich sind.² - Separierte Batterien sind in geeigneten Behältnissen zu lagern und zu transportieren.
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - RoHS: gilt nicht für Batterien. - BattG: <ul style="list-style-type: none"> • Hg in Knopfzellen bis zu 2 % (20 g/kg) • Hg sonstige Batterien 0,0005 % (5 mg/kg) • Cd 0,002 % (20 mg/kg beschränkt) • Keine Cd-Beschränkung für z.B. Werkzeugbatterien, medizinische Ausrüstung und weitere spezielle Anwendungen
Forschungsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> - <u>RePro-Versuch</u> ergibt: Verschiedene Einbausituationen und zugehörige Demontagezeiten (sec.) für Batterien ^[6]:

	 <p>Bezogen auf die Häufigkeit der Einbausituationen, ergibt sich für 43 % (Innenlage) + 6 % (verschraubt) aller der in RePro untersuchten Gerätebatterien (vorrangig aus hochwertigen Geräten: Laptops, Computer etc.) ein hoher Demontageaufwand von über 10 Sekunden:</p> 
<p>Schlussfolgerungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfen einer Pflicht zur getrennten Erfassung der verschiedenen chemischen Batteriesysteme v.a. Li-Ionen
<p>Motivation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Schadstoffrelevanz durch Bestandteile wie Schwermetalle - Ressourcenrelevanz

3. Fact Sheet - Leiterplatten

<i>Nach ElektroG2 Anlage 4</i>	
1.c Leiterplatten (Mobiltelefone generell und wenn >10 cm²)	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - Leiterplatten (LP) müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden, wenn ihre Fläche 10 cm² übersteigt. - LP aus Mobiltelefonen müssen generell einer separaten Behandlung zugeführt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 3, 4, 5
Stand ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - LP müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden, wenn sie eine Fläche von >10 cm² besitzen - LP aus Mobiltelefonen sind generell zu separieren.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 3, 5
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Leiterplatten handelt es sich um eine der werthaltigsten Komponenten von EAG. Sie enthalten Edel- und Sondermetalle wie Gold, Silber oder Kupfer. - Hochwertige reich mit Edelmetallen bestückte LP z.B. aus PCs, Festplatten etc. werden von der Überzahl der Erstbehandler manuell aus den Altgeräten ausgebaut und als separate Fraktion in Kupferhütten oder Scheideanstalten weiterverwertet. - Weniger werthaltige LP werden nur teilweise ausgebaut - Häufig werden LP als Bestandteil von gesamten Geräten geschreddert und anschließend aus dem Schredder-Output aussortiert oder als bereits vorseparierte LP-Fraktion geschreddert, um wertmindernde Stoffe wie Aluminium aus der LP-Fraktion auszuschleusen. Häufig wird der Schredderstaub aufgefangen und weiter vermarktet, da viele Edelmetallstäube enthalten sind (z.T. aus LP) - Das Aussortieren von LP-Teilen mittels NIR nach dem mechanischen Vorzerkleinern ist verbreitet, allerdings weisen diese LP-Teile geringere Metallgehalte auf (vgl. RePro-Versuch). - Manuell aus den Geräten demontierte Leiterplatten werden ihrem Wert entsprechend in verschiedene Kategorien unterteilt. Die Gestaltung dieser Klassen variiert stark zwischen den verschiedenen Akteuren: Es existieren Betriebe, die die LP in nur 2 Gruppen einteilen, andere in 8 oder mehr Gruppen (LP I: Hochwertig, alte Technik, LP I neu: neue IT-Technik geringwertig (häufig bunt), LP II: Telefone, Industrieelektronik Qualität wie I; LP III: Wenig-keine Edelmetalle, jedoch hoher Anteil an NE-Metallen.)

	<ul style="list-style-type: none"> - Insgesamt wird festgestellt, dass der Gehalt an Edelmetallen in Leiterplatten stetig reduziert wird. In neuen Geräten ist ihr Gehalt deutlich geringer, damit sink auch der Wert der LP.
Relevante Bauteile ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Alle Leiterplatten über 10 cm² , z.B. Festplatten, Motherboards, Bildschirmgeräte, USB Sticks... unabhängig von Grad der Bestückung und dem Gehalt an Edel-/Sondermetallen. Mobiltelefone generell
Relevante Geräte ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> PC, Laptops, Handys, Smartphones, Telefone, Drucker, Bildschirmgeräte, Videospiele und –konsolen...
Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - Durch Innovationen und sukzessive Substitution können die Edelmetallgehalte von LP immer weiter reduziert werden. Diese Absenkung der Edel- und Sondermetallgehalte führt zur Wertminderung der Leiterplatte im Recycling. Eine bunte Färbung signalisiert eine neue Generation von LP, diese werden von vielen Betrieben in eine eigene LP-Klasse einsortiert, der ein geringerer Marktpreis zugeordnet wird, da sie nicht mehr so reich mit Edelmetallen bestückt sein sollen wie LP ältere Generationen.
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Leiterplatten sind das relevantestes Trägerbauteil von Edelmetallen und weiteren ressourcenrelevanten Metallen in Elektrogeräten - Zu den ressourcenrelevanten Stoffen zählen unter anderem Gold, Palladium, Silber, Tantal, Antimon, etc. - Verschiedene Bestückungsgrade beeinflussen den Wert von Leiterplatten. Ökonomisch stehen daher vor allem solche aus dem hochwertigen Hightech-Anwendungsbereich (PC, Laptop, etc.) im Fokus, da diese viele Edel- und Sondermetalle beinhalten. Insgesamt lassen sich allerdings die Metalle aller Klassen von LP zurückgewinnen, weswegen unter Aspekten der Ressourcenrelevanz LP aller Qualitätsklassen zu betrachten sind.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Insbesondere ältere Leiterplatten besitzen häufig eine schadstoffhaltige Bestückung mit Batterien, PCB-Kondensatoren, Elektrolyt-Kondensatoren, LCD-Anzeigen, Bleiloten, Hg-haltige Bauteile etc. - Als FSM wurden polybromierte Kunststoffe oder Antimon eingesetzt - Tetrabrombisphenol A (TBBPA)

<p>Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die manuelle Demontage von LP ist nicht zwingend notwendig. ^[3] - Mechanische Separationsverfahren können angewandt werden. ^[3] - Verwertung von vorbehandelten Leiterplatten erfolgt mittels pyrometallurgischer und hydrometallurgischer Verfahren in Edelmetallscheideanstalten/ Hüttenprozesse. ^[3] - Kondensatoren, flammgeschützte Kunststoffe, quecksilberhaltige Bauteile, Batterien und Akkus sowie LCD-Anzeigen größer als 100 cm² von Leiterplatten sind zu entfernen. Dies kann manuell oder mechanisch erfolgen, solange durch die Behandlung Schadstoffanreicherungen oder -emissionen ausgeschlossen sind. ^[3]
<p>Festgeschriebene Grenzwerte:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RoHS: Hg- und Pb-Gehalte von LP dürfen max. 0,1 % in homogenem Werkstoff betragen. - POP-Verordnung: Grenzwerte müssen eingehalten werden.
<p>Schlussfolgerungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Einführung von Kategorien zur Einteilung nach Werthaltigkeit, Sortierung nach Qualitätsklassen - Anforderungen an die Behandlung von LP prüfen
<p>Motivation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - LP besitzen eine hohe Schadstoffrelevanz. - LP sind aufgrund der enthaltenen Technologiemetalle ressourcenrelevant.

4. Fact Sheet - Tonerkartuschen

<p>Nach ElektroG2 Anlage 4 1.d Tonerkartuschen</p>	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Tonerkartuschen müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anhang 3)
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	3, 5
Stand ElektroG (2015):	- Tonerkartuschen müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anlage 4).
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	- 5
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - In der Regel werden Tonerkartuschen manuell aus den Geräten entnommen. - Da während der mechanischen Zerkleinerung von EAG Gefahren von Tonerkartuschen ausgehen, werden diese auch bei Betrieben mit mechanischer Grobzerkleinerung vor der mechanischen Stufe ausgebaut. Zerstörte Tonerkartuschen können Brände auslösen. - Tonerkartuschen können mittels nass- oder trockenverfahren weiterbehandelt werden: <ul style="list-style-type: none"> • Beim Nassverfahren werden die Toner in spezialisierten Anlagen zerkleinert und anschließend Waschvorgängen unterzogen, um das Tonerpulver von den anderen Fraktionen zu entfernen. Fe- und NE-Metalle werden separiert und auch hochwertige Kunststofffraktionen (PS, ABS) können erzeugt werden. Das Abwasser ist zu behandeln und das Tonerpulver von diesem zu separieren. • Beim Trockenverfahren werden die Kartuschen an speziellen Demontearbeitsplätzen manuell geöffnet und das Pulver entfernt. Pulverreste werden mechanisch abgesaugt. Erst nach dieser Entfrachtung werden die Kartuschen zerkleinert und Fe-, NE-Metalle und Kunststoffe separiert. - Bei der Behandlung von Tonerkartuschen werden Anforderungen an den Explosionsschutz beachtet. - Emissionen von Tonerpulver werden durch Abluftabsaugung und geeignete Filteranlagen vermieden.
Relevante Bauteile ^[3] :	- Tonerkartuschen, flüssige und pastöse Toner für Farbdrucker, Toner cartridges
Relevante Geräte ^[3] :	- z.B.: Drucker, Kopiergerät, Taschen- und Tischrechner, Faxgerät
Technologiesprung:	-

5. Fact Sheet - Kunststoffe

<p>Nach ElektroG2 Anlage 4 1.e Kunststoffe</p>	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Kunststoffe mit polybromierten Flammschutzmitteln (FSM) müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anhang 3).
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 3, 4, 5
Stand ElektroG (2015):	Kunststoffe mit polybromierten FSM müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anlage 4).
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 3, 4, 5
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Es existiert keine standardmäßig angewendete Technologie zur automatisierten Ausschleusung von Kunststoffteilen, die polybromierte FMS enthalten, aus der allgemeinen Kunststofffraktion. - Bei bestimmten EAG sind spezielle Teile häufig mit FMS belastet. - Eine gezielte Demontage dieser Teile wird heute bei der Erstbehandlung in der Regel nicht durchgeführt. - Es existieren Möglichkeiten zur sensorischen Erkennung von Kunststoffteilen mit polybromierten FSM nach der mechanischen Zerkleinerung z.B. mittels Röntgenfluoreszenztechnik, auch per Handheld messbar. - Kunststoffe mit polybromierten FSM sind vom Recycling ausgeschlossen. Sie sind der energetischen/thermischen Verwertung zuzuführen. - Zum Teil werden Kunststoffe auch als separate Fraktionen als Recyclat weitervermarktet. Zum einen zählen dazu sortierte möglichst reine Schredderfraktionen, zum anderen die gezielte Separation von großen Einzelteilen wie Monitorgehäusen (höherer Preis als Einzelfraktion). Die Demontage einzelner Kunststoffteile erfolgt hauptsächlich in Erstbehandlungsanlagen ohne mechanische Vorzerkleinerungsstufe. Der Absatzmarkt für solche Kunststoffe liegt häufig in Südostasien.
Relevante Bauteile ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Hauptgruppen nach Schadstoffen^[10]: <ul style="list-style-type: none"> • polybromierte Diphenylether (PBDE) – Kunststoffe, Gussteile für elektronische Anwendungen, Schaltungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flammschutzmittel: Penta- und Octa-BDE • Tetrabrombisphenol A (TBBPA) und andere Phenole – Leiterplatten, Thermoplaste (hauptsächlich in TV-Geräten) • polybromierte Biphenyle (PBB) – Schaumstoffe, Klein- und Haushaltsgeräte

Relevante Geräte ^[3] :	Herd, Waschmaschine, Kühlgeräte, Klimageräte, PC, Drucker, Fernseher, Entladungslampen, Spielkonsolen, Staubsauger, Sägen...
Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - Einige polybromierte Flammschutzmittel sind bereits in der POP-Verordnung aufgelistet. Im Jahr 2015 wurden weiter FSM in diese Liste aufgenommen. - Die Toxizität vieler bromierter FSM ist noch nicht eindeutig getestet/bestätigt. - Es werden weiterhin neuartige bromierte Flammschutzmittel in den Markt eingeführt, die nicht unter die Verbote fallen. - Bromierte FSM werden zunehmend durch andere Stoffe (z.B. Phosphor) substituiert - Der Anteil bromierter Flammschutzmittel an der weltweiten FSM-Produktion beträgt 19,7 % (2011^[11])
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Das Recycling von Kunststoffen besitzt eine hohe Mengen- und Ressourcenrelevanz. - Um recycelbare Kunststofffraktionen zu erhalten sollten diese möglichst rein vorliegen. Manche Kunststoffkombinationen machen das Recycling unmöglich. - Um die Verschleppung von polybromierten FSM zu verhindern besteht ein Vermischungsverbot (Verdünnung) für belastet und unbelastet Kunststofffraktionen. Die Aufkonzentration von Brom im Kunststoffkreislauf soll verhindert werden. - Es gilt ein Vermischungsverbot für belastet und unbelastet Stoffströme
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Hitzeeinwirkung auf polybromierte Flammschutzmittel können hohe Konzentration an polybromierten Dibenzodioxine/-furane (PBDD und PBDF) entstehen. Diese haben toxische Wirkungen, dazu zählen Erkrankung der Haut (Chlorakne), Schädigung der Leber, neurotoxische Wirkung. - PBDE wird als sehr bioakkumulativ und persistent eingestuft. - Beispiel PentaBDE (CAS Nr.: 32534-81-9) ist gesundheitsschädlich für den Menschen (H373), wirkt reproduktionstoxisch (H362) und ist sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung (H410). Es ist als persistent, bioakkumulativ und toxisch eingestuft. - In Kunststoffen können Schadstoffe auch in Form von Schwermetallen und auch Weichmachern vorkommen.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Kunststoffe mit polybromierten FSM sollen separat erfasst werden.^[3] - Eine manuelle Demontage ist nicht notwendig vorgeschrieben, eine Separation kann auch mechanisch erfolgen.^[3] - Die Ermittlung des Gehalts von bromierten Flammschutzmitteln soll mittels Gaschromatographie erfolgen. Allerdings ist die automatisierte Analyse noch nicht erprobt.^[3]

<p>Festgeschriebene Grenzwerte:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RoHS: Enthält Stoffverbote zum Einsatz bestimmter FSM wie Polybromierte Biphenyle (PBB), 0,1 %; Polybromierte Diphenylether (PBDE), 0,1 %. - Für DecaBDE bestand bis 2008 eine Ausnahme des RoHS-Verbots - REACH-Liste der PBT-Stoffe: Enthält einige PBDE z.B. DecaBDE,HC - POP-Verordnung: Hexabrombiphenyl, Hexa- und Heptabromdiphenyl Ether, Tetrabromdiphenyl Ether und Pentabromdiphenyl Ether, Hexabromcyclododecan (HBCD) - ChemVV: Penta- und OctaBDE sind seit 2003 verboten (max. 0,1 Gew.%) - TRGS 900: max. Arbeitsplatzkonzentration von Brom: 0,7 mg/m³
<p>Schlussfolgerungen:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die Problematik der Sortierung von polybromierten FSM aus dem Kunststoffstrom der EAG Behandlung wurde bislang nicht ausreichend thematisiert und ist im Rahmen der BehandV genauer zu betrachten. - Die Sortierung spielt hinsichtlich der Gefährdung durch Schadstoffe als auch hinsichtlich der Ressourcenrelevanz von Kunststoffen eine bedeutende Rolle.
<p>Motivation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die hohe Schadstoffrelevanz verschiedener (in EEG teilweise bereits verbotener, aber in EAG weiterhin vorkommender) FSM ist die wichtigste Motivation einer Sortierung und der Verhinderung des Wiedereinsatzes von FSM in Recyclaten. - Das mengenmäßig hohe Aufkommen von FSM-freien Kunststoffen im EAG-Strom und deren hochwertige Verwertung spielt eine wichtige Rolle für die Ressourcenschonung.

6. Fact Sheet - Asbestabfall

<p>Nach ElektroG2 Anlage 4 1.f Asbestabfall, Bauteile die Asbest beinhalten</p>	
<p>Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Asbesthaltige Geräte/Komponenten/Bauteile müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):</p>	<p>1, 2, 5</p>
<p>Stand ElektroG (2015):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Asbesthaltige Geräte/Bauteile müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden. - Asbesthaltige Nachtspeicherheizgeräte sind bereits bei der Annahme an der Sammelstelle separat von SG1 zu lagern. - Ein ordnungsgemäßer Abbau und Verpackung von asbesthaltigen Nachtspeicherheizgeräten ist Voraussetzung für kostenlose Abgabe. - Bei der Erfassung von EAG kann die Annahme insbesondere von asbesthaltigen Nachtspeicherheizgeräten verweigert werden, sofern diese nicht ordnungsgemäß durch Fachpersonal abgebaut und verpackt wurden oder beschädigt beim örE angeliefert werden.
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1, 2, 5
<p>Status quo Erstbehandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bei den meisten asbesthaltigen Altgeräten, die heute in großer Anzahl an EAG-Sammelstellen zurückgenommen werden, handelt es sich um Nachtspeicherheizgeräte. Aufgrund des hohen Gefährdungspotentials, das von Asbestfasern ausgeht, unterliegen diese Geräte speziellen Anforderungen an die Sammlung, Lagerung und Transport sowie Behandlung. - 2006 wurde von Behandlungsunternehmen angegeben, das eines von 1000 Geräten möglicherweise asbesthaltig ist, bei der Sammelgruppe 5 (alt) wird eine Häufigkeit von 1 : 10.000 geschätzt. Die Schätzungen sind aber nicht wissenschaftlich belegt sondern beruhen auf subjektiven Einschätzungen vor Ort.^[12] - Von außen sind EAG die Asbest beinhaltet nur schwierig/nicht erkennbar. Die Öffnung kann allerdings zur unbeabsichtigten Freisetzung von Fasern führen und eine Gefährdung darstellen. - Findet keine Schadstoffentfrachtung statt, sind Geräte die Asbest enthalten so zu beseitigen, dass Fasern thermisch zerstört oder immobilisiert werden.^[12] - Sollen Geräte, die Asbest enthalten dem Recycling zugeführt werden, müssen alle asbesthaltigen Bauteile unter entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen entfernt werden. Bei Kleingeräten lohnt sich der Demontageaufwand im

	<p>Allgemeinen nicht, weshalb sie zumeist der Beseitigung zugeführt werden.^[12]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Werden Geräte vor der mechanischen Verwertung nicht vom sonstigen EAG-Strom separiert sondern gelangen mit ihnen in die mechanische Vorzerkleinerung, erfolgt eine vollständige Freisetzung der leichtgebundenen Fasern. Diese werden sowohl über die Abluftabsaugung des zerkleinernden Aggregats in die Filterstäube verbracht als auch (z.B. durch Anlagerungen und statische Anziehung) in andere Fraktionen vor allem in die Schredderleichtfraktion verschleppt.^[12] - Die mechanische Behandlung von asbesthaltigen Geräten stellt besondere Ansprüche an die technische Ausstattung der Anlagen wie z.B. einen gekapselten Shredder mit ständiger Messung der Gefahrstoffe.^[12]
Relevante Bauteile ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Oft wurden Asbestschnüre und -gewebe als wärmebeständiges Dicht- und Isoliermaterial eingesetzt. <p>Kabelisolierungen, Schnüre, Gewebe, Isolationsplatten oder Asbestüberzüge</p>
Relevante Geräte ^[3] :	<p>Asbesthaltige Bauteile liegen z.B. vor in :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nachtspeicheröfen, Wäschetrockner, Waschmaschinen, Herde, Backöfen, elektr. Kochplatten, , Staubsauger, Toaster, Haartrockner, Trockenhauben, Kaffeemaschinen, Bügeleisen, Heizdecken, Overhead- und Diaprojektoren, Schweiß-/Lötwerkzeuge, Heizgeräte^[13], Ölradiatoren^[13], Durchlauferhitzer^[13], Boiler^[13]
Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - Seit 1993 sind die Herstellung und das Inverkehrbringen von Asbest in Deutschland verboten.^[14] - Im Bereich HHKG wurden bereits ab 1983 nur noch wenige Geräte mit Asbestgehalt produziert.^[12] - Der Einsatz von Asbest in der Produktion ist nach GefStoffV verboten. - Trotz des Stoffverbotes wurde Asbest auch neuere Geräte wie Herden mit Cerankochfeld identifiziert.^[12]
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Die Wiederverwendung und das Recycling von Asbest sind ausgeschlossen. - Aufgrund der hohen Schadstoffrelevanz ist Asbest ist zu beseitigen.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Asbestfasern wirken karzinogen (Kat. 1a, H350) und weisen eine spezifische Zielorgan-Toxizität (Kat. 1) auf (H372). - Bei der Beanspruchung von Asbest werden WHO-Fasern freigesetzt, diese sind aufgrund ihrer geringen Größe lungengängig und erzeugen Lungenkrebs. - Asbest ist nachweislich kanzerogen. - In EAG wird ausschließlich Weichasbest eingesetzt, dieser neigt schneller zur Faserfreisetzung als Hartasbest.

<p>Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eine manuelle Demontage ist erforderlich.^[3] - Asbesthaltige EAG müssen vom Abfallstrom separieren und einer spezifischen Behandlung unter Sicherheitsvorkehrungen zugeführt werden.^[5] - Asbestemissionen sind zu verhindern.^[5] - Asbesthaltige Geräte sind separat zu behandeln oder direkt zu entsorgen.^[3] - Entsorgung soll nach LAGA M 23 stattfinden. - Kleingeräte mit Asbest sind direkt ohne Vorbehandlung zu beseitigen.^[3] - Großgeräte sind vollständig zu befreien und erst nach der Schadstoffentfrachtung ordnungsgemäß zu verwerten.^[3] - Behandlung soll nur in genehmigten Anlagen mit Schwarzbereich stattfinden.^[3] - Die Zerstörung der Fasern bei der Entsorgung ist sicher zu stellen, die thermisch Zerstörung ist nicht immer zuverlässig, dann sind Verfahren der Verglasung o.ä. heranziehen.^[3]
<p>Festgeschriebene Grenzwerte:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Das Verbot zur Herstellung und Inverkehrbringen von Asbest gilt seit 1993. - GefStoffV: Wiederverwendung von asbesthaltigen Erzeugnissen ist verboten: max. 0,1% Asbest in Werkstoffe, nach GefStoffV - TRGS 900: Expositionsverbot - EU-Grenzwert: 100.000 F/m³ - TRGS 517, 519: 10.000 F/m³ - BGI 664: Für einfache Wartungsarbeiten wird nach BGI 664 bereits eine geringe Konzentrationen von < 15.000 Fasern/m³ angenommen, an dieser Stelle muss bereits ein spezifischer Arbeitsschutz mit Atemmaske erfolgen. Diese Arbeiten sind mit der manuellen Demontage von EAG vergleichbar.^[12]
<p>Schlussfolgerungen:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die Beschädigungen von Geräten muss vermieden werden, da äußerlich kaum feststellbar ist, ob sie Asbest beinhalten und durch die Beschädigungen Asbestfasern freigesetzt werden können. - Arbeitsschutz nach TRGS 519 ist zu beachten, v.a. bei Erstseparation der SG5.¹ - Die Wiederverwendung asbesthaltiger EAG ist nicht zulässig. - Kleine EAG (z.B. Föhn) sollen nach der Annahme in Folie gewickelt und direkt zur Beseitigung verbracht werden, um Faseremissionen zu vermeiden. - Eine Separation der EAG vor der mechanischen Zerkleinerung hat zu erfolgen. Eine mechanische Behandlung von Geräten mit Asbestanteil ist strikt zu untersagen. - Alle asbesthaltigen Geräte und auch Geräte die unter Verdacht stehen Asbest zu beinhalten müssen konsequent aus dem Abfallstrom separiert werden. - Bei Großgeräten (z.B. Herd) hat eine vollständige, umweltverträgliche, manuelle Schadstoffentfrachtung in dafür

	<p>vorgesehenen Behandlungsbereichen zu erfolgen, dabei sind Faseremissionen zu vermeiden und der vorgeschriebene Arbeitsschutz zu beachten.</p> <ul style="list-style-type: none">- Speichersteine aus Heizgeräten dürfen nicht als Baustoff verwendet werden
Motivation	<ul style="list-style-type: none">- Motivation ist eindeutig die hohe Schadstoffrelevanz

7. Fact Sheet - Kathodenstrahlröhren

<i>Nach ElektroG2 Anlage 4</i>	
1.g Kathodenstrahlröhren	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - Kathodenstrahlröhren (CRT) müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anhang 3). - Die fluoreszierende Beschichtung ist zu entfernen (Anhang 3).
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 3, 5
Stand ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - CRT müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten separiert und getrennt behandelt werden (Anlage 4). - Die fluoreszierende Beschichtung ist zu entfernen (Anlage 4). - Schirm- und Konusglas sind voneinander zu trennen (Anlage 4). - (Implementierung einer eigene Sammelgruppe: Bildschirme, Monitore und TV-Geräte)
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	- (1), 3, (5)
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - CRT liegen in Bildschirmgeräten vor. Wichtigste Schritte sind die manuelle Demontage, ggf. die Trennung der Glasarten und die Entfernung der Leuchtpulverschichten auf den Glasteilen. - CRT Fernseher und Monitore bestehen aus einem Gehäuse, in dem sich die Glasröhre mitsamt Elektronenkanone, Ablenk-Einheit, Schlitz- oder Lochmaske befindet. Die Bildröhre besteht aus verschiedenen Glassorten, die mit Leuchtschichten belegt sind. - Die erste Demontage von CRT aus Geräten wird i.d.R. manuell vorgenommen. Dazu werden Rahmen, Gehäuse und Rückwand der Geräte (zumeist Bildschirmgeräte wie Fernseher oder Monitoren) demontiert. Diese Bauteile bestehen aus hochwertigen Kunststoffen und könnten dem Recycling zugehen. - Nach dem Ausbau der CRT aus den Geräten werden diese belüftet, die schadstoffreiche Strahlungseinheit, Elektronenkanone wird entfernt. - In den meisten Erstbehandlungsanlagen werden CRT lediglich wie oben beschrieben demontiert und die Röhre zur weiteren Behandlung an spezialisierte Unternehmen abgegeben. - Häufig erfolgt die Weiterführung der CRT ohne Berücksichtigung eines bruchsicheren Umgangs, da einige weiterführende Verwertungsverfahren mit dem Schreddern der belüfteten Röhren beginnen. - Das Glas aus denen die CRT bestehen lässt sich in verschiedene Bereiche einteilen. Das Schirmglas (65 %) enthält Strontium und Barium ist allerdings nahezu bleifrei. Im Gegensatz besitzt das Konusglas (30 %) von CRT einen

	<p>hohen Bleigehalt von 20-25 %. Das Blei liegt in Form von Bleioxid vor.^[15]</p> <ul style="list-style-type: none">- Laut Gesetz hat die Trennung von Schirmglas und Konusglas im Rahmen der Erstbehandlung zu erfolgen.- Die Bruchstücke des Röhrenglases können durch Sensoren nach ihrem Bleigehalt getrennt werden. Z.B. ermöglicht Röntgentechnik die Analyse der atomaren Dichten des Glases wodurch Schirm- und Konusglas getrennt werden können. Mit diesem Verfahren kann eine hochwertige bleifreie (< 0,1 % Pb) Fraktion erzeugt werden, in der sich 90 % des Schirmglas wiederfinden. Die beste Trennung wird bei einer mittleren Bruchstückgröße erreicht.^[16]- Das Schirmglas der CRT ist frei von Blei und kann hochwertig recycelt werden.- Das Konusglas hingegen ist sehr bleihaltig (siehe unten). Es könnte zur Produktion neuer CRT genutzt werden, jedoch werden CRT heute nicht mehr in mengenrelevanter Anzahl hergestellt.- Es bestehen auch Verfahren, bei denen die belüfteten Röhren als Ganze (unzerbrochen) weiterbehandelt werden:<ul style="list-style-type: none">• Lasertrennung: Die Verbindungsnaht zwischen Schirm- und Konusglas wird automatisch mittels Laser aufgetrennt. Das bleihaltige Glas kann somit eindeutig von Schirmglas abgetrennt werden. Die Lochmaske wird manuell aus dem Schirmteil entfernt.• Ähnliche Verfahren werden mittels Heizdraht, Wasserstrahl (Hochdruck) oder Sägen (Diamantsägeblätter) anstatt des Lasers durchgeführt.- Das Glas kann erst nach Entfernung der Leuchtpulverbeschichtung recycelt werden. Diese Entfernung kann trocken- oder nassmechanisch erfolgen.- Häufig wird der Glasbruch keiner hochwertigen Verwertung zugeführt, sondern als Bergversatz eingesetzt.- Das Schirmglas ist innenseitig mit einer schwermetallhaltigen Schicht überzogen. Diese ist zu entfernen, dies kann mittels Hochdruckreinigung mit Wasser erfolgen. Das Abwasser ist aufzubereiten.^[16]- Die Innenseite des Konusglases ist mit Eisenoxid, die Außenseite mit Graphit beschichtet. Zur rohstofflichen Verwertung sind diese Schichten zu entfernen.^[16]- Eine minderwertige Form des Recyclings stellt die Nutzung des Glasbruchs mit allen festen Anhaftungen z.B. als Betonzuschlagstoff dar. Hierbei gehen wertvolle Rohstoffe verloren.^[17]- Eine Form der Verwertung von CRT-Gläsern ist der Einsatz als Zuschlagstoff in Baustoffen (Legonit).- Es existieren Verwertungswege für entschichtetes Schirm- (z.B. als Strahlmittel mit abrasiven Eigenschaften, Glasuren,
--	--

	<p>Zuschlagstoff für Keramiken, Behälterglas) und Konusglas, (z.B. in strahlenabsorbierenden Schutzgläsern).^[16]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es bestehen Möglichkeiten Pb aus dem Konusglas zurück zu gewinnen.^[18] - Heute werden diese Wege der Verwertung nur selten beschritten. Es liegen keine Abnahmepfade für die Glasfraktionen vor und das Recycling sei unökonomisch.
Relevante Geräte ^[3] :	Monitore, Fernseher, Videospiele, Geldspielautomaten
Relevante Bauteile ^[3] :	Kathodenstrahlröhren
Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - CRT in Geräten wurden in den letzten Jahrzehnten in Neugeräten komplett durch Flüssigkristallanzeigen substituiert. Seit Anfang der 2000er werden in Europa keine CRT mehr hergestellt. - Wurden im Jahr 2005 noch 4.000 T St. CRT- und nur ca. 1.200 T St. LCD-Fernsehbildschirme in Deutschland verkauft, änderten sich diese Verkaufszahlen bis zum Jahr 2010 deutlich. Es wurden dann nur noch 34 T St. CRT-Fernseher, hingegen allerdings über 8.000 T St. LCD-Fernsehbildschirme in Deutschland verkauft. - Dementsprechend nimmt die Mengenrelevanz von CRT im EAG-Strom zunehmend ab.
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Glas (Siliziumoxid): Schirmglas (Pb-frei) und auch Konusglas (Pb-haltig) - Leiterplatten (i.d.R. Klasse 3) - hochwertige Kunststoffe - Fe- und NE-Metalle

	<ul style="list-style-type: none"> - Blei, Graphit, Barium, Strontium, Cadmium- und Zinksulfid, Yttrium- und Europium-Verbindungen⁸ - Nickellegierter Stahl in der Elektronenstrahleinheit
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Im Konusglas liegt ein Bleigehalt von ca. 20-25 % vor. Daher ist es separat zu verwerten. - Andere Schadstoffe in CRT ist Barium im Schirmglas⁸ - Bei ganzen Bildschirmgeräten sind die Kunststoffe des Gehäuses (ca. 15,2 % der Bildröhre) häufig mit FSM versetzt und sollten daher unter dem Schadstoffaspekt betrachtet werden (siehe Fact Sheet Nr. 5). Der höchste Wert an Flammschutzmitteln liegt in der Ablenkeinheit mit 7-15 % vor.^[19]
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - CRT sollten manuell demontiert werden^[3] - CRT sind aus dem getrennt gesammelten EAG-Strom zu separieren.^[3] - CRT sollen bruch sicher transportiert und gelagert werden. Ein Abschütten aus dem Sammelbehälter ist zu unterlassen.^[3] - Der vorgeschriebene Arbeitsschutz beim Umgang mit Cd ist zu beachten. - Der Verbund von Glas und Metalleinbauten soll durch Entfernen der Leuchtschicht aufgelöst werden.^[3] - Die Außen- (Graphit-/ Eisenoxyd) und Innenbeschichtung (Leuchtstoffe: Abluftreinigung wg. CdS, ZnS) des Glases sind nass- oder trockenmechanisch zu entfernen.^[3] - Um zur Verwertung geeignet zu sein, muss Schirmglas als reine Fraktion vorliegen (bleifrei, frei von KS-Schicht auf Schirmglas und Alu-Beschichtungen an den Seiten).^[3] - Die Zerlegung von CRT ist automatisiert möglich.^[3] - Glasbruch soll vermieden werden.^[3]
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - Für Pb in den Glasfraktionen zum Recycling gilt nach ElektroG ein Grenzwert von maximal 5 mg Pb /kg Altglas.
Schlussfolgerungen:	<ul style="list-style-type: none"> - In der Leuchtschicht, die mengenmäßig nur einen geringen Anteil am Gesamtgerätgewicht besitzt, liegen Sondermetalle (z.B. Y, Eu) vor. - Die bruch sichere Erfassung ist grundlegend um den Austrag von Schwermetallen aus CRT zu verhindern. - Konus- und Schirmglas sind voneinander zu trennen und möglichst hochwertigen Verwertungswegen zuzuführen. - Ba und Sr-haltiges Glas ist nur dann stofflich zu verwerten, wenn es im neuen Produkt technisch notwendig ist. - Wenn Glas wegen des. Pb-Gehalts als gefährlicher Abfall zählt, ist die Verwendung als Schleif- oder Strahlmittel, zur Herstellung von Baustoffen und als Bauzuschlagstoff unzulässig.
Motivation	<ul style="list-style-type: none"> - CRT besitzen einen relevanten Schadstoffgehalt und beinhalten ressourcenrelevante Materialien

8. Fact Sheet – FCKW

<p>Nach ElektroG2 Anlage 4 1.h FCKW, H-FCKW, HFKW, KW</p>	
<p>Anforderung an die Behandlung nach ElektroG:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - FCKW, H-FCKW, HFKW und KW müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anhang 3) - Gase müssen sachgerecht entfernt und behandelt werden. - Ozonschädigende Gase sind gemäß geltender Vorschriften (EG/2037/2000) zu behandeln.
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG:</p>	<p>2, 5</p>
<p>Stand ElektroG2:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - FCKW, H-FCKW, HFKW und KW müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden (Anlage 4). - Gase müssen sachgerecht entfernt und behandelt werden. - Ozonschädigende Gase sind gemäß geltender Vorschriften (EG/1005/2009) zu behandeln.
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG2:</p>	<p>2, 5</p>
<p>Status quo Erstbehandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - FCKWs wurden bis 1993 als Kälte/Schäumungsmittel verwendet.^[3] - Behandlungseinrichtungen benötigen eine besondere Zertifizierung und müssen nach den geltenden Vorschriften behandeln. - Die Behandlung von Kühlgeräten mit FCKW erfolgt gemäß TA-Luft Nummer 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3 in speziell zertifizierten Anlagen. Die Behandlung ist in zwei Stufen gegliedert^[3]: - Stufe I: <ul style="list-style-type: none"> - Entleerung des Kältemittelkreislaufs (Trockenlegung), verlustfreie Entnahme von Kältemittel und Kältemaschinenöl aus dem Gerätekreislauf. - Emissionen der Gase sind dabei zu vermeiden. - Kältemaschinenöl und Kältemittel sind voneinander zu trennen. - Eine Prüfung der Trockenlegung hat jährlich zu erfolgen. Dabei darf die gesammelte FCKW-Menge 90 Gew.-% der Summe der auf Typenschildern angegebenen FCKW-Kältemittel nicht unterschreiten. - Stufe II: <ul style="list-style-type: none"> - Mechanische Weiterbehandlung ausschließlich in gekapselten Anlagen, die gegen Gasaustritt gesichert sind. - Rückgewinnung von 70-80 % des porengelassenen Kältemittels aus dem Isoliermaterial (Schaum). - Bei der Matrixentgasung werden die verbleibenden 20-30% der Kältemittel separiert und erfasst.

	<ul style="list-style-type: none"> - Je nach Verfahren sind Restgehalte von Treibmitteln im PUR-Schaum von weniger als 2 g/kg erreichbar. - Detaillierte Angaben sind in TA-Luft enthalten.
Relevante Bauteile ^[3] :	- Kühlsystem, Isolationsschaum (i.d.R. kontaminierter PUR-Schaum, Glaswolle, Polystyrolschaum), Kältemittel (z.B. R 12, R 22 oder auch R 134a), Kältemaschinenöl, Treibmittel (z.B. R 11)
Relevante Geräte ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Kühl-/Gefriergeräte - Klimageräte - Kompressoren aus FCKW-haltigen Kühlgeräten
Technologiesprung:	- Ausgehend vom FCKW-Verbot 1993 wurden bestehende Substitute eingesetzt und weiterentwickelt.
Ressourcenrelevanz:	- FCKW sind nach der Separation aus EAG ordnungsgemäß zu beseitigt. Ein Recycling wird ausgeschlossen. ^[3]
Schadstoffrelevanz:	- Bei FCKW, H-FCKW, HFKW und KW handelt es sich um klimarelevante Gase. Sie gehören zu den VOC und besitzen ein hohes Treibhauspotential und zerstören die Ozonschicht der Erdatmosphäre.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Eine manuelle Separation ist erforderlich^[3] - Eine manuelle Demontage hat zu erfolgen, wenn FCKW etc. im Kühlsystem vorliegt. Liegen FCKW nicht im Kühlsystem vor, ist eine mechanische Behandlung möglich (Cenelec 50625)

	<ul style="list-style-type: none"> - Eine stoffliche Verwertung von verbotenen FCKW ist nicht zulässig. Die Verwertung hat durch thermische Spaltanlage (Kühlmittel) zu erfolgen.^[3] - PUR-Schaum ist weiter verwertbar (z.B. Öl-Bindemittel, Lackindustrie) Details in LAGA M32 S. 93. - Die Behandlung von FCKW haltigen Geräten soll ausschließlich in Anlagen erfolgen, die baulich und betrieblich dafür zertifiziert sind.^[3] - Wenn FCKW-Gehalt des Isolierschaumes nach der Behandlung >0,2 % beträgt ist dieser der thermischen Verwertung zuzuführen.^[3] - Export von entleerten, demontierten Kompressoren von FCKW ist verboten (VO 2037/2000/EG)^[3] - Kontinuierliche Dichtigkeitsprüfung^[3] - Maßnahmen zur Explosionsvermeidung sind zu treffen.^[3] - Es existiert eine Cenelec-Norm in der weitere Anforderungen an die Behandlung gestellt werden: EN 50574-1, TS 50574-2 - Für FCKW-Emissionen gilt eine besondere Überwachungspflicht, da sie ozonschädlich wirken, EG 2037/2000. - Die Anforderungen nach TA-Luft sind zu beachten. - Min. 90 Gew. % der FCKW-Kältemittel müssen bei der Behandlung separat erfasst werden.
<p>Festgeschriebene Grenzwerte:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Für FCKW etc. gilt ein Wiederverwendungsverbot. - Isolationsschäume gelten ab 0,1 Gew.-% FCKW-Gehalt als gefährlich.^[3] - TA-Luft Nummer 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3 - Verordnung (EG) 2037/2000 und 842/2006: Minderung Eintrag klimaschädigender Stoffe in Erdatmosphäre - ChemOzonSchichtV, ChemKlimaschutzV: Dichtigkeit, Rückgewinnung, Rücknahme, Entsorgung - Verordnung (EG) 303/2008: Sachkundenachweis
<p>Schlussfolgerungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Behandlung von FCKW-, H-FCKW-, HFKW- und KW-haltigen Geräten gelten besondere Anforderungen nach TA-Luft.
<p>Motivation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Es besteht eine eindeutige, hohe Schadstoffrelevanz

9. Fact Sheet - Gasentladungslampen

<i>Nach ElektroG2 Anlage 4</i>	
1.i Gasentladungslampen	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - Gasentladungslampen (GEL) müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden. - Bei der Behandlung muss das enthaltene Quecksilber entfernt werden. - Bei Lagerung und Transport sind GEL ausreichend gegen Bruch zu sichern. - Mindestens 80 Gewichtsprozent der Altlampen müssen wiederverwendet oder recycelt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	Separate Erfassung von GEL in SG 4, aber GEL liegen auch in Geräten der SG 1, 3 und 5 vor.
Stand ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - GEL müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden. - Bei Lagerung und Transport sind GEL ausreichend gegen Bruch zu sichern. - Der Anteil des Recyclings muss mindestens 80 Prozent betragen.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	Separate Erfassung von GEL in SG 4, aber GEL liegen auch in Geräten der SG 1, 3 und 5 vor.
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - GEL werden getrennt in einer eigenen Sammelgruppe gesammelt. - Gegebenenfalls werden GEL bei der Erstbehandlung aus Geräten entnommen. - GEL werden einer separaten Behandlung in speziellen Anlagen zugeführt. - Die Verwertung erfolgt nach verschiedenen Verfahren zum Beispiel durch das Kapp-Trennverfahren oder Schredderverfahren mit geeigneter Kapselung, Luftabsaugung und Rückgewinnung der Leuchtstoffe.
Relevante Bauteile ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Gasentladungslampen - LCD-Bildschirme / Hintergrundbeleuchtung (Siehe 1. Und 9. Fact Sheet) <p>Leuchten</p>
Relevante Geräte ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Mischlampen - HD-Hg-Dampf lampen - HD-Metallhalogendampfl. - Neon-HS-Lampen - Neon-NS-Lampen - HD-NA-Dampf lampen - Leuchtstoff lampen - ND-Na-Dampf lampen - PC, Laptops - Kopierer - Flachbildschirme, Monitore und Fernseher (siehe 1. Fact Sheet) - Klimageräte - Videospielekonsolen - Geldspielautomaten

Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - GEL werden in allen Anwendungsbereichen zunehmend durch LED ersetzt. LED gelten als schadstofffrei (siehe Fact Sheet 20) und energieeffizienter. - Zahlreiche Forschungen befassen sich mit neuen Beleuchtungstechnologien wie zum Beispiel oLED oder Graphen.
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - GEL bestehen zu einem hohen Anteil aus Glas und Metall. Diese Fraktionen können recycelt werden. - Im Leuchtpulver von GEL sind verschiedene Sonderelemente wie Seltenerdmetalle enthalten. Im Kapp-Trenn-Verfahren können diese zurückgewonnen werden.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - In GEL sind ca. 2,7 mg Quecksilber (siehe 1. Fact Sheet) je Lampe enthalten. - Es können polybromierte Flammschutzmittel in den Kunststoffteilen enthalten sein. - Außerdem können PCB-haltige Bauteile in GEL enthalten sein.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - GEL sind während des Transports ausreichend gegen Bruch sichern.^[3] - GEL sind in geeigneten Behältern zu transportieren.^[3] - Die Transportbehälterkombination für GEL, bestehend aus Rungenpalette oder Gitterbox, ist um eine Außenverpackung zu erweitern.^[3] - Röhrenförmige GEL sind von anderen Formen getrennt, in geeigneten Behältnissen zu transportieren.^[3] - Eine Außenverpackung der Behälter zur Sicherung von Bruchresten bei eventueller Beschädigungen während des Transports ist notwendig.^[3] - Eine manuelle Demontage ist erforderlich.^[3] - Hg ist von den Restfraktionen unter Abluftbehandlung zu entfernen.^[3] - Entstandener Lampenbruch ist in festen, verschlossenen Behältern zu lagern und zu transportieren z.B. Fässer).^[3] - Hg-haltige Materialien sind kühl zu lagern.^[3] - Das abgeschiedene Leuchtpulver soll in die Produktion zurückgeführt werden, wenn dieses technisch möglich, ökologisch sinnvoll und ökonomisch angemessen ist.^[3] - Quecksilber-, Staubemissionen und diffuse Emissionen während der Behandlung sind zu vermeiden. Dennoch entstehende Stäube sind abzuscheiden.^[3]
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - Bei stofflicher Verwertung des Altglas gilt nach ElektroG ein Grenzwert von Quecksilber in der Glasfraktion von max. 5 mg Hg/kg Altglas - Max. 10 mg Hg /kg Tr. in Metall- und sonst. Fraktionen zur Verwertung.^[5] - Max. 0,2 Gew. % Pb in Natronkalkglasfraktion - Siehe Fact Sheet 1

Schlussfolgerungen	<ul style="list-style-type: none">- Es hat ein bruchsicherer Transport nach ADR-Vorschriften zu erfolgen.- Die Komponenten der Lampen sind zu trennen und weitestgehend zu recyceln.- Das Leuchtpulver enthält ressourcenrelevante Stoffe, die dem Recycling zugeführt werden sollen.
Motivation	<ul style="list-style-type: none">- GEL besitzen ein hohes Schadstoffpotential (Hg) und Ressourcenrelevanz (Glas).

10. Fact Sheet - Flüssigkristallanzeigen

<i>Nach ElektroG2 Anlage 4</i>	
1.j Flüssigkristallanzeigen (Oberfläche >100 cm²)	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Flüssigkristallanzeigen (LCD) mit einer Fläche von über 100 cm ² oder mit Hg-haltiger Hintergrundbeleuchtung müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 3, 5
Stand ElektroG (2015):	- Flüssigkristallanzeigen (LCD) mit einer Fläche von über 100 cm ² oder mit Hg-haltiger Hintergrundbeleuchtung müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 3, 5 Sammlung und Transport von Bildschirmgeräten (LCD und CRT) erfolgt nach dem novellierten ElektroG getrennt von anderen Geräten in SG 3 in geeigneten Behältern.
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Flüssigkristallanzeigen werden in vielen EEG eingesetzt. - Ab einer Größe von 100 cm² sollen sie bei der Erstbehandlung separiert werden. Bei Bildschirmgeräten mit Hg-haltiger Hintergrundbeleuchtung wird dieses manuell oder teilautomatisch durchgeführt. Bei beiden Verfahren erhält man das Panel als separates Teil zurück. Eine hochwertige Verwertung dieses Bauteils erfolgt allerdings nicht. - Bei rein mechanischer Behandlung wird das LCD-Panel komplett zerkleinert. - Der starke Verbund aus Kunststoffen und Leuchtschichten wird nicht weiter recycelt. - Die Panelreste werden einer minderwertigen Verwertung oder der Beseitigung zugeführt. - 85 Gew.-% entfallen auf die TFT-Glasfraktion (abhängig vom Aufbau des LCD).^[20] - Polarisationsfolien tragen 15 Gew.-% zum LDC-Gewicht bei. Sie sind außen an den Glasscheiben angebracht und bestehen aus Polymerverbindungen. Sie bestehen aus sehr unterschiedlichen Polymeren, was ihr Recycling erschwert. Heute werden sie nicht recycelt.^[20] - Die Flüssigkristallschicht, die Elektroden-schicht und die Leiterbahnen stellen nur einen geringen Anteil des LCD-Gewichts dar.^[20]
Relevante Bauteile ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - LCD > 100 cm² in EAGs - Mit LCDs bestückte Leiterplatten - Fachbildschirm-Paneele von Monitoren und TV

<p>Relevante Geräte^[3]:</p>	<p>LCD werden in einer Vielzahl EEG eingesetzt, so z.B. in:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laptops, PC-Monitore, Flachbildfernseher - Mobiltelefone - Geschirrspüler - Kühlgeräte - Waagen - Sportgeräte
<p>Technologiesprung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Es existieren beleuchtete und nicht beleuchtete LCD. - Änderung der schadstoffhaltigen Hintergrundbeleuchtung von Gasentladungslampen hin zu unkritischen LED und oLED. - Veränderung in der Werkstoffkompositionen der Panelmaterialien. - Stetige Weiterentwicklung von Panel-Technologien (z.B. QD-Technik etc.) - Kampagnen zum freiwilligen Verzicht auf die Läuterung des LCD-Glases mit As sollte zukünftig Wirkung zeigen.
<p>Ressourcenrelevanz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Insbesondere Indium (In) wird als ressourcenrelevanter Inhaltsstoff von LCD angesehen. Die Konzentration von In in kompletten Flachbildschirmgeräten (z.B. TV, Monitor) liegt bei 12 g/t, durch die Separation von LCD-Anzeigen wird eine Aufkonzentration von In auf 190 g/t erreicht. Die Konzentration von In in natürlich vorkommenden Erzen liegt um ein Vielfaches geringer. - In wird in der Elektrodenschicht-ITO eingesetzt. Diese besteht zu 78 % aus In. - Das Schweizer Forschungsprojekt e-Recmet ergibt positive Ergebnisse für ein Recycling von In aus LCD, es sei laut Projekt ökologisch sinnvoll und ökonomisch tragbar. - Allerdings ist In ein Nebenabbauprodukt der Zinkgewinnung. Somit wird es zeitgleich abgebaut, solange auch Zink abgebaut wird. Die positiven Auswirkungen auf die Umwelt, bei Verringerung des primären In-Bedarfs durch das Recycling sind daher gering. Der ökonomische Antrieb bleibt aus. Es besteht jedoch eine Intensivierung des Zinkrecyclings. Sollte sich dieses weiter durchsetzen so muss auch das Recycling von In weiter entwickelt werden. - Heute besteht kein einschlägig verwendetes Recyclingverfahren für In. Es existieren diverse Forschungsprojekte zu diesem Thema. - In LCD liegt ein Verbund aus verschiedensten Materialien wie Kunststoffen, Folien und Glas vor, der das Recycling erschwert. ^[20] - LCD-Glas ist aufgrund des Schadstoffgehalts und der Anhaftungen für zahlreiche Verwertungspfade ungeeignet. ^[20]
<p>Schadstoffrelevanz:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bei LCD wurden vor allem Gasentladungslampen als Hintergrundbeleuchtung eingesetzt. Diese enthalten ca. 11-40 mg Hg je Gerät (TV, Monitor), bzw. ca. 2,4-2,8 mg/kg.^[1] Zum (Schadstoffpotential von Hg siehe Fact Sheet 1).

	<ul style="list-style-type: none"> - Die Flüssigkristalle in LCD sind als Schadstoffe eingestuft. Viele dieser flüssigkristallinen Stoffe sind in Wassergefährdungsklasse 2 kategorisiert, da sie schwer biologisch abbaubar sind. - Kommerzielle LC-Mischungen sind nicht akut toxisch. ^[20] - Flüssigkristalle sind persistente organische Verbindungen, die sowohl Eigenschaften von Flüssigkeiten als auch von Festkörpern aufweisen. Es handelt sich um Mischungen aus 10 bis 25 verschiedenen Flüssigkristallkomponenten, die in mehreren Tausend Mischungen auf dem Markt sind. Sie bestehen z.B. aus Phenylcyclohexan und Biphenylen und enthalten auch fluorierte Bestandteile. ^[20] - Die Glasscheibe von älteren LCD kann As und Sb enthalten. Durchschnittlich sind ca. 0,5 % As in LCD-Glasfraktionen enthalten. ^[20]
<p>Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die manuelle Demontage von LCD ist erforderlich ^[3] - Eine mechanische Behandlung ist möglich, solange keine negativen Auswirkungen auf menschliche Gesundheit und Umwelt entstehen. ^[5] - Staubemissionen und diffuse Emissionen sind zu vermeiden. ^[3] - Die entstehenden Stäube sollen abgeschieden werden. ^[3] - Bruch und Beschädigung von LCD während der Sammlung, Lagerung und des Transports sind durch ausreichende Sicherung zu verhindern. ^[3] - Der entstehende Bruch muss getrennt in einem festen, dicht verschlossenen Gefäß lagern. ^[3] - Max. 5 mg Hg /kg Tr. in Glasfraktion ^[5] - Max. 10 mg Hg /kg Tr. In Metall- und sonst. Fraktionen zur Verwertung ^[3] - Die entstehenden Emissionen in die Raumluft sind unter Anwendung der TA-Luft zu prüfen. - Es bestehen keine spezifischen Behandlungsanforderungen aufgrund des Flüssigkristallgehalts. ^[3] - Die Hg-haltige Hintergrundbeleuchtung (GEL) ist in geeigneter Weise zu entfernen und zu entsorgen. ^[3] - Nach erfolgter Schadstoffentfrachtung können LCD in Metallhütten energetisch und stofflich verwertet werden. ^[3]
<p>Festgeschriebene Grenzwerte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - TRGS 900: Die MAK mit Hg liegt bei 0,1 mg/m³ (Arbeitsplatz-Richtgrenzwert der EU: 0,02 mg/m³)
<p>Forschungsergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Projekt UPgrade empfiehlt Rückgewinnung von Indium vor allem aus TV-Geräten und nachrangig aus Notebook-Geräten, da mengenmäßig ca. 20 Notebooks dem Indiumgehalt eines TV entsprechen. ^[21] - Es müssen unterschiedliche Recyclingstrategien verfolgt werden, da massenmäßig 1 Tablet ca. 6 Smartphones entspricht, dies hat Einfluss auf die relative Effizienz der Demontage.

	Das Forschungsprojekt e-Recment (EMPA) ergab positive Ergebnisse zum Indium-Recycling. Auf deren Grundlage wurde es als ökologisch sinnvoll und ökonomisch tragbar eingestuft.
Schlussfolgerungen	- Projektergebnisse zu Rückgewinnungsmöglichkeiten von Indium sind weiterführend zu betrachten.
Motivation	- Die Schadstoffrelevanz steht im Vordergrund der Motivation, die Rückgewinnung von ressourcenrelevanten Materialien (z.B. Indium) ist ein weiter wichtiger Punkt.

11. Fact Sheet - Externe elektrische Leitungen

<p>Nach ElektroG2 Anlage 4</p> <p>1.k Externe elektrische Leitungen</p>	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Externe elektrische Leitungen müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 2, 3, 4, 5
Stand ElektroG(2015):	- Externe elektrische Leitungen müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 2, 3, 4, 5, 6
Status quo Erstbehandlung	- Externe Kabel werden bei der Erstbehandlung manuell oder mechanisch von den Geräten entfernt und zum Teil einer Behandlung in speziellen Kabelschälmaschinen unterzogen.
Relevante Bauteile ^[3] :	Isolierte Kabel, die an oder in den Geräten verbaut sind.
Relevante Geräte ^[3] :	- Alle Geräte mit Steckern, Kabeln, elektrischen Leitungen
Technologiesprung:	- Immer mehr Geräte werden mit Akku ausgestattet, diese besitzen keine direkt am Gerät angebrachten Kabel. Die externen Leitungen finden sich dann an Ladestationen (Telefon, Bügeleisen, Fön etc.) (Siehe Fact Sheet 2)
Ressourcenrelevanz:	- Das Metall des Leitungsstrangs (Kupfer) ist ressourcenrelevant, häufig bestehen sie aus Kupfer oder anderen hochwertigen Metallen.
Schadstoffrelevanz:	- Im Kunststoff der Isolation können Schadstoffe unbeabsichtigt als Bestandteil des Kunststoffs oder als gezielt eingesetzte Beimengung zum Flammschutz enthalten sein. - In Kabeln von Geräten älterer Generationen liegt häufig PCB als Inhaltsstoff der Isolation vor.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	- Die mechanische Behandlung von externen elektrischen Leitungen ist möglich. ^[3] - Externe elektrische Leitungen können mechanisch in Metalle, Kunststoffisolation und sonstige Fraktionen aufgetrennt werden. ^[3] - Zur Aufbereitung bestehen spezialisierte Kabelaufbereitungsanlagen ^[3] - Das Verschwelen von Kabelabfällen zur Metallrückgewinnung ist nicht zulässig. ^[3] - Die trockenmechanische Aufbereitung wird empfohlen. ^[3] - Die werkstoffliche Verwertung PCB-haltiger Ummantelungen ist unzulässig ^[3]

Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none">- Vorgaben für Inhaltstoffe in EAG nach RoHS- Angaben zu Kabelabfälle mit flammhemmenden Mitteln nach § 3 AVV
Schlussfolgerungen	<ul style="list-style-type: none">- Kabel sollen aus dem EAG-Strom separiert und getrennt recycelt werden.
Motivation	<ul style="list-style-type: none">- Die Kunststoffisolation enthält Schadstoffe und die Leitungen bestehen aus ressourcenrelevanten NE-Metallen (Cu)

12. Fact Sheet - Feuerfeste Keramikfasern

Nach ElektroG II Anlage 4	
1.1 Bauteile mit feuerfesten Keramikteilen	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Bauteile aus feuerfesten Keramikfasern müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 5
Stand ElektroG (2015):	- Bauteile aus feuerfesten Keramikfasern müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 5
Status quo Erstbehandlung:	- Werden sie In Geräten identifiziert, werden diese Geräte einer Schadstoffentfrachtung unterzogen.
Relevante Bauteile ^[3] :	- Bauteile, die im Hochtemperaturbereich eingesetzt werden. - Isolationen von Heizelementen (Z.B. Heizplatten) - Spezielle Kabelisolationen (>1000°C)
Relevante Geräte ^[3] :	- Herde, Backöfen, Keramik-Kochfelder - Elektrogrill - Boiler, Gastherme - Elektrische Heizgeräte - Toaster - Kaffeemaschinen - Werkzeuge
Technologiesprung:	- Gesundheitsschädliche Keramikfasern werden nicht mehr in Geräten eingesetzt. Sie wurden durch andere isolierende Werkstoffe substituiert.
Ressourcenrelevanz:	- Feuerfeste Keramikteile mit lungengängigen Fasergeometrien sind der Beseitigung zuzuführen. Sie werden nicht recycelt.
Schadstoffrelevanz:	- Die feuerfesten Keramikfasern für besondere Anwendungen wirken bei bestimmten Fasergeometrien karzinogen und hautirritierend (H350i, H315). - Feuerfeste Keramikfasern beinhalten Alkali- oder Erdalkalimetalle (Erdalkalisilikatwolle), oder auch aus Aluminiumsilikatwolle. -
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	- Manuelle Demontage ^[3] - Besondere sicherheitstechnische, arbeitsmedizinische, hygienische Vorkehrungen ^[3] - Entnahme vor Schredder ^[3] - Getrennte Abfallbeseitigung in dafür geeigneten Anlagen ^[3]

Festgeschriebene Grenzwerte:	- Für WHO Fasergehalte in der Raumluft existieren Grenzwerte, z.B. nach dem Arbeitsschutz TRSG 900.
Schlussfolgerungen	- Feuerfeste Keramikfasern die gesundheitliche Auswirkungen besitzen, sind weiterhin in EAG enthalten und müssen entfernt werden.
Motivation	- Feuerfeste Keramikfasern weisen in der Behandlung eindeutig eine Schadstoffrelevanz auf

13. Fact Sheet - Bauteile mit radioaktiven Stoffen

<p>Nach ElektroG II Anlage 4</p> <p>1.m + 2 Bauteile mit radioaktiven Stoffe</p>	
<p>Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bauteile mit radioaktiven Stoffen ohne bestehendes Rücknahmesystem mit einer Genehmigung nach § 106 Abs. 1 können ohne weitere selektive Behandlung gemäß § 15 Absatz 2 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes beseitigt oder verwertet werden. - Bauteile mit radioaktiven Stoffen für die ein Rücknahmekonzept besteht sind vom Letztbesitzer bei entsprechenden Stellen zurückzugeben. - Alle anderen Geräte mit Bauteilen mit radioaktiven Stoffen sind unter Berücksichtigung der Strahlenschutzverordnung zu entsorgen.
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):</p>	<p>5</p>
<p>Stand ElektroG (2015):</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bauteile mit radioaktiven Stoffen, die die Freigrenzen (Euratom Art. 3, Anhang 3) überschreiten, müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden. - Bauteile mit radioaktiven Stoffen ohne bestehendes Rücknahmesystem mit einer Genehmigung nach § 106 Abs. 1 können ohne weitere selektive Behandlung gemäß § 15 Absatz 2 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes beseitigt oder verwertet werden. - Bauteile mit radioaktiven Stoffen für die ein Rücknahmekonzept besteht sind vom Letztbesitzer bei entsprechenden Stellen zurückzugeben. - Alle anderen Geräte mit Bauteilen mit radioaktiven Stoffen sind unter Berücksichtigung der Strahlenschutzverordnung zu entsorgen.
<p>Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):</p>	<p>5</p>
<p>Status quo Erstbehandlung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - In Erstbehandlungsbetrieben werden Radioaktive Bauteile aus EAG entfernt. In der Regel geschieht dieses manuell. -
<p>Relevante Bauteile^[3]:</p>	
<p>Relevante Geräte^[3]:</p>	<p>z.B. Brandmelder (meist ²⁴¹Am), medizinische Geräte vor allem aus diagnostischen Anwendungen wie der Computertomographie</p>
<p>Technologiesprung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Radioaktive Stoffe werden nur noch in Spezialanwendungen in Verkehr gebracht. -
<p>Ressourcenrelevanz:</p>	

Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Die Schadstoffeigenschaft geht von ionisierender Strahlung aus. - Gesundheitliche Gefahren bestehen, wenn durch unsachgemäße Behandlung radioaktive Stoffen inhalativ, oral oder über Wunden in den Körper aufgenommen werden (Inkorporation). Die Strahlung wirkt aber auch von außen zellschädigend. - Radioaktive Strahlung wirkt kanzerogen, mutagen, reproduktionstoxisch und teratogen.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Eine manuelle Demontage soll stattfinden^[3] - Kontamination anderer Bauteile und der Umwelt durch die Behandlung von Bauteilen mit radioaktiven Stoffen ist auszuschließen.^[5] - Die Bauteile sind zu separieren aber eine manuelle Demontage ist nicht vorgeschrieben^[5] - Bauteile mit radioaktiven Stoffen sind ohne eine weitere selektive Behandlung gemäß § 15 Absatz 2 KrWG zu beseitigen oder zu verwerten ^[3] - Behandlungsbetriebe müssen über Messgeräte für radioaktive Strahlung verfügen.^[3] - Zu Gefahren bei der Behandlung von radioaktiven Bauteilen ist zu informieren.^[3] - Bauteile mit radioaktiven Stoffen sind ordnungsgemäß zu beseitigen.^[3] - Radioaktive Bauteile sind mit dem typischen Strahlenzeichen zu kennzeichnen. - Der Entsorgungspfad ist genau vorgeschrieben. Unternehmen benötigen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen eine besondere Genehmigung. Diese Geräte gehen an die Hersteller zurück oder an die eingerichteten speziellen Landessammelstellen für radioaktive Abfälle der Bundesländer.^[22] - Hersteller nehmen Geräte mit radioaktiven Bauteilen i.d.R. in Eigenrücknahme zurück und entsorgen diese ordnungsgemäß (nach StrlSchV).^[3] - Die Lagerung hat in geeigneten Behältern zu erfolgen.^[3]
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - Die Vorschriften der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) sind zu berücksichtigen.
Schlussfolgerungen	<ul style="list-style-type: none"> - Wenn radioaktive Bauteile in separat erfassten EAG enthalten sind, sind diese nach ElektroG zu entfernen. - Auch wenn diese Geräte in einer gemischten Fraktion angeliefert werden, sind sie zu separieren.
Motivation	<ul style="list-style-type: none"> - Motivation besteht in der Schadstoffrelevanz

14. Fact Sheet - Elektrolytkondensatoren

<i>Nach ElektroG II Anlage 4</i>	
1.n Elektrolytkondensatoren mit bedenklichen Stoffen	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Elektrolytkondensatoren (ElKo) mit bedenklichen Stoffen müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 2, 3, 4, 5
Stand ElektroG (2015):	- ElKo müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 2, 3, 4, 5
Status quo Erstbehandlung:	- Große ElKo werden separiert und getrennt einer Verwertung zugeführt. - Kleine ElKo auf bestückten Leiterplatten werden zumeist nicht von solchen entfernt, eine gezielte Entstückung findet nicht statt.
Relevante Bauteile ^[3] :	- ElKo mit einer Höhe größer als 25 Millimeter, einem Durchmesser größer als 25 Millimeter oder mit einem proportional ähnlichen Volumen. Bestückte Leiterplatten
Relevante Geräte ^[3] :	z.B.: - Dunstabzugshauben - Geschirrspüler - Kühlgeräte - PC, Laptop, Drucker - Telefon - Werkzeuge
Technologiesprung:	- Die Inhaltsstoffe von ElKos haben sich mit in Kraft treten der entsprechenden Vorschriften wie POP-Verordnung und GefStoffV nach deren Vorgaben eingeregelt.
Ressourcenrelevanz:	- Es existieren bestimmte ElKo die Tantal (Ta) beinhalten. Tantal wurde als ressourcenrelevantes Metall eingestuft. Die Ta-haltigen ElKo unterscheiden sich von nicht Ta-haltigen ElKos, da sie eine gelbe Markierung tragen. Ta-haltige Kondensatoren sind somit optisch unterscheidbar. Eine gezielte Entstückung von Leiterplatten findet nicht statt. - In einigen ElKos ist Niob enthalten.
Schadstoffrelevanz:	- Im Elektrolyt vieler ElKos sind wassergefährdende Stoffe enthalten.

Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Eine manuelle Demontage der ELKos wird empfohlen.^[3] - Die mechanische Behandlung ist möglich. - Alle schadstoffhaltigen Kondensatoren sollen entfernt werden. - Die Beschädigung oder Zerstörung von ELKos ist zu vermeiden^[3] - ELKos sind schadstoffhaltig, wenn gesundheitsschädigende oder umweltgefährdende Stoffe in ihnen enthalten sind^[5] - Zerstörung, Beschädigung, Emissionen bei Lagerung und Transport sind zu vermeiden^[3] - Aufbereitung zur stofflichen Verwertung, Neutralisation^[3]
Festgeschriebene Grenzwerte:	-
Schlussfolgerungen:	-
Motivation:	Schadstoff- und Ressourcenrelevanz

15. Fact Sheet - Cadmium-, selenhaltige Fototrommeln

<i>Nach ElektroG II Anlage 4</i>	
1.0 Cadmium-, selenhaltige Fototrommeln	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Cadmium(Cd-) und selen(Se-)haltige Fotoleitertrommeln (FLT) müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	3
Anforderungen an die Behandlung nach ElektroG (2015):	- Cd- oder Se-haltige FLT müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	5
Status quo Erstbehandlung:	- Werden bei Identifizierung während der Erstbehandlung aus separat erfassten Geräten ausgebaut.
Relevante Bauteile ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Fotoleitertrommeln werden auch als Bildtrommeln bezeichnet. - Fotoleitertrommeln, die Cd oder Se enthalten, kommen in alten Geräten (insbesondere bis Anfang der 90er Jahre) vor. - Zur Herstellung von Bildtrommeln werden lichtempfindliche Materialien eingesetzt. Anorganische Beschichtungen enthalten häufig schädliche Komponenten: - Cadmuimsulfid-Beschichtung: gelbe Färbung - Arsenselenid-beschichtet: silber-grau, größer, Stirnseite offen - Arsen-Tellur oder Galliumarsenid
Relevante Geräte ^[3] :	<ul style="list-style-type: none"> - Drucker/ Laserdrucker - Kopierer - Faxgerät
Technologiesprung:	- In modernen Geräten werden vor allem organische Materialien eingesetzt. Diese OPC (organic foto conductor) Trommeln (farbige Oberfläche) enthalten keine Schadstoffe, ebenso wie FLT aus amorphen Silizium (grau-blau), die bis heute eingesetzt werden. ^[23]
Ressourcenrelevanz:	- Eine weitergehende Verwertung von schadstoffhaltigen Fotoleitertrommeln findet nicht statt.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Cadmium und Selen (CAS-Nr.: 7782-49-2) - Selen ist ein festes, dunkelgraues, geruchloses Halbmetall, das beim Verschlucken (H301) und beim Einatmen (H331) giftig wirkt. Es kann Organe bei längerer oder wiederholter Exposition schädigen. (H373).^[4] - Es kann Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung schädigen (H413) und ist somit wassergefährdend (WGK 2).^[4]

Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - FLT sollten manuell demontiert werden.^[3] - Gem. § 15 Abs. 2 KrWG sind schadstoffhaltige FLT zu beseitigen oder zu verwerten. - Sollte eine Verwertung möglich sein, hat diese in entsprechenden Metallhütten zu erfolgen.^[3] - Eine dunkle Lagerung von selenhaltigen FLT wird empfohlen, da, da die schadstoffhaltige Beschichtung bei Dauerbelichtung abblättert.^[22]
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - Nach TRGS 900 darf die Arbeitsplatzgrenzkonzentration von Se einen Wert von 0,05 mg/m³ in der Raumluft nicht übersteigen. Die Empfehlung der MAK-Kommission liegt bei 0,02 mg/m³^[4] - Vorgaben nach RoHS sind zu beachten. Maximale Werte für Cd sind zu beachten.
Schlussfolgerungen:	-
Motivation:	<ul style="list-style-type: none"> - Es besteht eine Schadstoffrelevanz, die bei der Behandlung von FLT beachtet werden muss.

16. Fact Sheet – PCB-haltige Kondensatoren

<i>Nach ElektroG II Anlage 4</i>	
3. PCB-haltige Kondensatoren	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - PCB-haltige Kondensatoren müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden - Die Lagerung hat in geeigneten Behältern zu erfolgen.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 2, 3, 5
Stand ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - PCB-haltige Kondensatoren müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden - Die Lagerung hat in geeigneten Behältern zu erfolgen.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 2, 3, 5
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Werden PCB-Kondensatoren in EAG erkannt, werden diese bei der Erstbehandlung ordnungsgemäß vor der mechanischen Behandlung manuell demontiert und entsprechend der Vorgaben einer ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt.
Relevante Bauteile ^[3] :	- Kondensatoren
Relevante Geräte ^[3] :	<p>Relevante Geräte in denen PCH-haltige Kondensatoren vorkommen können sind z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wäschetrockner - Kühlgeräte - Kompaktleuchtstoff-lampe - Staubsauger - Werkzeuge
Technologiesprung:	- Mit dem Verbot von PCB wurden diese substituiert.
Ressourcenrelevanz:	- Keine Relevanz bekannt.
Schadstoffrelevanz ^[4] :	<ul style="list-style-type: none"> - Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind organische Chlorverbindungen von denen akute und chronische Gesundheitsgefahren ausgehen. - PCB wirken kanzerogen, mutagen (Keimzellen) und reproduktionstoxisch. - PCB wirken akut und chronisch, stark und mit langfristiger Wirkung wassergefährdend (WGK 3).^[4] - CAS-Nr.: 133-36-3 - H-Sätze: H373; H410 - PCB sind in der Dirty Dozen Liste aufgeführt und seit 2001 durch Stockholmer Konvention weltweit verboten.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Es gilt § 2 Abs. 2 Nr. 2 der PCB/PCT-Abfallverordnung. - Eine manuelle Demontage diese Kondensatoren hat zu erfolgen.^[3] - Kontamination anderer Bauteile und Umwelt ausschließen, Bauteile separieren aber manuelle Behandlung nicht vorgeschrieben^[3]

	<ul style="list-style-type: none"> - Kondensatoren, die nicht eindeutig als PCB-frei identifiziert werden, gelten als verdächtig und müssen in einer Hochtemperaturanlage entsorgt werden^[3] - POP-Verordnung beachten, vollständig ausbauen, beseitigen.^[3] - Stoffliche Verwertung ist nicht zulässig^[3] - PCB-Abfälle so lagern, transportieren, dass keine Emissionen in Luft, Wasser Boden vorkommen^[3] - Die Behandlung hat als Beseitigung Untertage, thermische Behandlung oder einer Zerstörung der PCB (z.B. Dehalogenierung) zu erfolgen. ^[3] - PCB-haltige Altgeräte sind thermisch zu beseitigen (nach BImSchV und TA-Luft, Infos in LAGA M 24). - Behandlung nur in einem Schwarzbereich mit öl-/lösungsmittelbeständigem Bodenbelag, dabei Emissionen und Verschleppung ausschließen^[3] - In der CENELEC-Norm 50625-1 werden Methoden zur Identifizierung von PCB-haltigen Kondensatoren vorgestellt.
<p>Festgeschriebene Grenzwerte:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - PCB/PCT Abfallverordnung (§2 Absatz 2 Nummer 2): Materialien, die mehr als 50 mg PCB/kg enthalten, dürfen nur in einer hierfür zugelassenen Anlage entsorgt werden. - PCB-Richtlinie: Der Vorsorgewert liegt bei Konzentrationen von 300 ng/m³; der Grenzwert liegt bei 3000 ng/m³. - TRGS 900 - MAK: 0,003 mg/m³ gemessen als einatembarer Aerosolanteil.^[4]
<p>Schlussfolgerungen:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bestehende Anforderungen sind unbedingt zu beachten.
<p>Motivation:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund der hohen Schadstoffrelevanz und der POP Wirkung ist die ordnungsgemäße Behandlung PCB-haltigen Geräten von hoher Bedeutung.

17. Fact Sheet - Photovoltaikmodule

<i>Nach ElektroG II</i> Photovoltaikmodule	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - PV-Module sind nicht in den Geltungsbereich des ElektroG (2005) aufgenommen. - Es sind keine speziellen Anforderungen an die separate Behandlung von PV-Module bei der Erstbehandlung im Anhang 3 ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	
Stand ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - PV-Module liegen im Geltungsbereich des ElektroG und müssen getrennt gesammelt werden - Es sind keine speziellen Anforderungen an die separate Behandlung von PV-Module bei der Erstbehandlung im Anhang 3 ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	6
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Vor der Novellierung des ElektroG waren PV-Module nicht in den Geltungsbereich der Produktverantwortung durch das ElektroG aufgenommen. Es bestand allerdings die Anforderung an die Hersteller ein System zur Rücknahme und Verwertung aufzubauen. Mit Inkrafttreten der Novellierten ElektroG wird die Produktverantwortung für PV-Module gesetzlich festgesetzt. - Es existieren verschieden Herstellerverbände, die sich mit dem Thema der Rücknahme und dem Recycling auseinandersetzen (z.B. PV-Cycle, BSW-Solar, etc.). - PV-Module besitzen eine Einsatzervartung von ca. 25-30 Jahren. Der massenrelevante Einsatz von PV-Modulen begann in den 1990-er Jahren. - Während Deutschland ein wichtiger Standort der PV-Modulproduktion war, kamen höhere Mengen an PV-Abfällen (inkl. Produktionsabfälle und Fehlchargen) auf, da sich die Produktion von PV-Modulen vorrangig ins Ausland verlagert hat, kam es zu einem mengenmäßigen Einbruch bei der Rücknahme von PV-Modulabfällen in Deutschland. - In den kommenden Jahren wird mit einem Anstieg der Abfallmengen aus EoL-PV-Modulen gerechnet. - Si-basierte und schadstoffhaltige Dünnschichtmodule werden in der heutigen Praxis getrennt behandelt. - Module die CdTe enthalten, sind aufgrund der Schadstoffeigenschaft unter besonderen Vorkehrungen zu behandeln. <p>Recyclingansatz I</p>

	<ul style="list-style-type: none">- für Si-basierte PV-Module:- Anlieferung der PV-Module in einem mit Plane gedeckten LKW- PV-Cycle-Boxen werden als impraktikabel eingestuft und stattdessen Europaletten bevorzugt, da kein Rücktransport notwendig ist und sie eine einheitliche Größe besitzen.- Rahmen, Kabeln, Blackbox der PV-Module werden demontiert.- Die Behandlung der Glasfraktion ist schwierig, da ein sehr enger Verbund aus Glas, Halbleiter und Folien besteht. Das Auflösen dieses Verbunds ist mit einem hohen Arbeits- und Energieaufwand verbunden.- Durch die Zerkleinerung der glashaltigen Fraktion kann das Glas nicht in ausreichender Reinheit für ein hochwertiges Recycling zurückgewonnen werden. Si-Bestandteile, die nicht abgetrennt werden können, verfärben das Glas schwarz. Auch Plastikfolienreste und Metalle verbleiben in der aufbereiteten Glasfraktion und verunreinigen diese. Daher kann aus dem Glas kein Flachglas produziert werden. Das PV-Glas wird daher zu Glaswolle weiterverarbeitet. Es gibt einige Abnehmer.- Staubentstehung bei der Behandlung ist zu beachten und zu vermeiden.- Erkennbare Problematik: Produzenten, Recycler und Verwertungswege abstimmen. <p>Recyclingansatz II:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ähnlich wie Ansatz I ist dieser für Si-basierte PV-Module geeignet.- Die Glasfraktion der PV-Module wird nach einer groben Zerkleinerung gemahlen sodass eine geringe Korngröße entsteht. Dabei werden Verbunde aus Glas, Kunststoffen und Halbleitermaterialien gelöst und lassen sich voneinander trennen.- Je feiner die Körnung vorliegt, desto reiner lassen sich die Fraktionen voneinander trennen. Allerdings liegt der Energiebedarf für den Mahlprozess sehr hoch, wodurch sich eine ausreichend feine Körnung für eine reine Trennung wirtschaftlich nicht darstellen lässt. <p>Recyclingansatz III</p> <ul style="list-style-type: none">- Verschiedene chemische Verfahren wurden/werden entwickelt, bei denen die Verbindungen zwischen den verschiedenen Materialsichten (Glas, Kunststoff, Halbleitermaterial) durch den Einsatz von geeigneten Lösungsmitteln (z.T. unter Wärmeeinfluss) voneinander gelöst werden. Die entstehenden reinen Fraktionen können dann dem Recycling zugeführt werden.
--	--

Relevante Bauteile:	
Relevante Geräte:	<ul style="list-style-type: none"> - Photovoltaikmodule im privaten oder gewerblichen Einsatz, Großanlagen etc. - Alle Modularten (z.B. Si-basiert oder Dünnschicht) - Solar-Ladegeräte
Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Forschungsaktivität und kontinuierliche technische Neuerungen auch im Bereich der Werkstoffkomposition und Modularten (Si, multikristallin, amorph, CdTe, C(I)GS), organische Solarzellen, Farbstoffsolarzellen, Quantenpunktsolarzellen) - Germanium kommt zunehmend als Halbleitermaterial zum Einsatz. Bislang hauptsächlich in Raumfahrtanwendungen. Die Technik ist jedoch weit entwickelt und besitzt sehr hohe Wirkungsgrade.
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - PV-Module bestehen überwiegend aus Glas. - Im Rahmen und Elektronik sind Fe- und NE-Metalle (Alu, Eisen) enthalten. - Halbleitermaterial (Si, Ga, In, Te, Cd, etc.) weisen eine hohe Ressourcenrelevanz auf.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - In PV-Modulen älterer Gerätegenerationen kann Blei (Pb) enthalten sein. - Auch in einigen Halbleitermaterialien sind Schadstoffe enthalten z.B. Cadmium.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Rahmenbedingungen und Anforderungen werden über eine CENELEC-Norm EN 50625-2-4 veröffentlicht.
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - Rahmenbedingungen und Anforderungen werden über eine CENELEC-Norm EN 50625-2-4 veröffentlicht. - PV-Module, die in einem ortsfesten System verwendet werden, sind aus dem Geltungsbereich der RoHS/ ElektroStoffV ausgenommen (§1 Abs. 2 Nr.9)
Schlussfolgerungen:	<ul style="list-style-type: none"> - PV-Module sind bruchfrei zu demontieren, zu transportieren und zu lagern. - Die Sammlung und der Transport von PV-Modulen als lose Schüttung sind unzulässig. - PV-Module sind getrennt von anderen EAG zu sammeln und zu lagern. - Die Behälter, in denen PV-Module transportiert werden, sollten lichtdicht und geschlossen sein, um Stromfluss in den PV-Modulen zu verhindern und Scherbenbruch zurückzuhalten. - Die Behandlung hat in zwei getrennten Gruppen kristalline + amorphe Silizium Module und sonstige Dünnschichtmodule

	<ul style="list-style-type: none">+ Hybridmodule, entsprechend der Eigenschaften der Module und der enthaltenen Stoffe, zu erfolgen.- Kombinationszellen sind für die Behandlung der Gruppe der Dünnschichtmodule zuzuordnen.- Ein Vorzerbrechen von PV-Modulen vor der Erstbehandlung ist unzulässig.- Trennung in Glas-, Metall- und Kunststofffraktion,- Das Halbleitermaterial ist möglichst zurück zu gewinnen.- Die Glasfraktion soll in einer möglichst hohen Qualität zurückgewonnen werden. Das Downcycling der Glasfraktion ist zu verhindern. Die Reintegration in hochwertigen Anwendungen ist anzustreben.- Die Metallfraktion (Fe und NE-Metalle) bei der Behandlung ist separat zu erfassen.
Motivation	<ul style="list-style-type: none">- Schadstoffrelevanz- Ressourcenrelevanz- Zunehmende Mengenrelevanz

18. Fact Sheet - Permanentmagnete

<i>Innovativer Stoffstrom</i>	
Permanentmagnete	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Es sind keine speziellen Anforderungen an die separate Behandlung von LED-Lampen bei der Erstbehandlung im Anhang 3 ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	- Vor allem in 3 und 5
Stand ElektroG (2015):	- Es sind keine speziellen Anforderungen an die separate Behandlung von LED-Lampen bei der Erstbehandlung in Anlage 4 ElektroG (2015) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	- Vor allem in SG 5
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Es findet keine Separation von Permanentmagneten aus getrennt erfassten EAG bei der Erstbehandlung statt. - In Deutschland und in der EU existiert noch kein Recyclingverfahren für Permanentmagnetwerkstoffe. - Um Permanentmagnete aus EAG zurückzugewinnen muss bislang auf manuelle Demontage zurückgegriffen werden. Werden Geräte mechanisch zerkleinert, können Magnete zerstört werden. Magnete und Magnetbruchstücke haften an Teilen der Fe-Metallfraktion an. Eine nachträgliche Separation ist daher schwierig. - Beim Recycling liegt eine Schwierigkeit im Bereich der Entmagnetisierung der magnetischen Bauteile.^[24] - Insgesamt ist der Anteil von Permanentmagneten in EAG gering. Es kann durch gezielte Demontage nur ein geringer Stoffstrom erzeugt werden. Daher ist die Möglichkeit eines Poolings mit Magneten aus anderen Anwendungen in Erwägung zu ziehen. - Der Verkauf von in Deutschland demontierten Nd-Magneten zum Recycling nach China ist möglich. Und wird bereits praktiziert.^[25]
Relevante Bauteile:	<ul style="list-style-type: none"> - Z.B. Coilmagnet und Spindelmagnet aus Festplatten.^[21] - Bauteile für den Vibrationsalarm im Mobiltelefon.
Relevante Geräte:	<ul style="list-style-type: none"> - Festplatten - Nabendynamos von e-Bikes - Lautsprecher (hochwertig) - e-Motoren (e-Fahrräder, Aufzüge, Pumpen) - Mobiltelefone
Technologiesprung:	- Hohe Forschungsaktivität und kontinuierliche technische Neuerungen beim Einsatz von Permanentmagnetwerkstoffen und im Bereich der Werkstoffzusammensetzung in Magneten.

	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Bedarf an Permanentmagnetwerkstoffen im Sektor e-Mobilität. - Zunehmender Einsatz in hochqualitativen Lautsprechern, auch Kopfhörer etc. - Festplatten werden in hochwertigen modernen Geräten durch SSD ersetzt. Diese beinhalten keine Magnetwerkstoffe.
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Neodym und Dysprosium sind Magnetwerkstoffe, die eine hohe Ressourcenrelevanz besitzen. SSE (schwere und leichte) wurden für die EU als ökonomisch relevant eingestuft und besitzen gleichzeitig ein erhöhtes Versorgungsrisiko.^[26] - Momentan wird stark über das Thema Rückgewinnung diskutiert, da angezweifelt wird, wie lange Magnetwerkstoffe noch in Produkten eingesetzt werden. Und wie schnell die (z.T. preisintensiven) Metalle substituiert werden können. - Das Recycling von Magneten wird in China, wo auch der größte Teil der Produktion erfolgt, erfolgreich praktiziert.^[25]
Schadstoffrelevanz:	
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	
Festgeschriebene Grenzwerte:	-
Schlussfolgerungen:	<ul style="list-style-type: none"> - Ein Recycling ist möglich (siehe China), es wird in Deutschland aber nicht durchgeführt, es ist aufgrund der Ressourcenrelevanz von Magnetwerkstoffen wie Nd und Dy jedoch erstrebenswert.
Motivation	<ul style="list-style-type: none"> - Permanentmagnete besitzen eine hohe Ressourcenrelevanz.

19. Fact Sheet – Light-Emitting Diode

<i>Innovativer Stoffstrom</i> Light-Emitting Diode - LED	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - Light-Emitting Diode (LED)-Lampen sind in den Geltungsbereich der ElektroG aufgenommen, sie zählen als sonstige Beleuchtungskörper. - Es sind keine speziellen Anforderungen an die separate Behandlung von LED-Lampen bei der Erstbehandlung im ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	<ul style="list-style-type: none"> - 4 (retro-fit, LED-Lampen) - Aber als Bauteil kommen LED auch in SG 1, 2, 3, 5 vor
Stand ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - LED-Lampen sind namentlich in Kategorie 5 nach Anlage 1 ElektroG aufgenommen. - Es sind keine Anforderungen an die separate Behandlung von antimon(Sb)-haltigen Geräten/ Bauteilen bei der Erstbehandlung im ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	<ul style="list-style-type: none"> - 4 (retro-fit, LED-Lampen) - Aber als Bauteil kommen LED auch in SG 1, 2, 3, 5 vor.
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Retro-Fit LED und sonstige LED-Beleuchtungsmittel werden in SG 5 getrennt von anderen EAG, gemeinsam mit GEL erfasst. - Es findet keine Separation von LED Beleuchtungskörpern aus SG 5 zur spezifischen Behandlung statt. - Die Behandlung findet gemeinsam mit sonstigen Lampen statt. Dabei werden Lampen mechanisch behandelt (siehe 10. Fact Sheet). Glas und Metalle können dabei zurückgewonnen werden. Die Halbleitermaterialien und SEE können nicht zurückgewonnen werden, diese gehen bei der Behandlung dissipativ über verschiedene Fraktionen verloren. - Es existiert kein einschlägiges Recyclingverfahren für SEE aus LED. - Es werden verschiedene Verfahren erforscht, mit denen LED so zerlegt werden können, dass die SEE und anderen ressourcenrelevanten Materialien zurückgewonnen werden können. Dazu zählt die Zerlegung mittels elektrohydraulischer Impulse.^[27] - Die Konzentration von ressourcenrelevanten Metallen je LED ist gering, dies unterstützt den allgemeinen Anforderungen für ein ökonomisches Recycling in bestehenden Verfahren nicht, daher muss eine Vorbehandlung erfolgen, um eine Aufkonzentration der relevanten Materialien zu erzielen und geeignete Verfahren sind weiter zu entwickeln.^[28]
Relevante Bauteile:	<ul style="list-style-type: none"> - Leuchtdioden
Relevante Geräte:	<ul style="list-style-type: none"> - LCD Displays - Beleuchtung (Innenraum, Straßenlaternen, Fahrrad, (Auto))

	<ul style="list-style-type: none"> - Effektbeleuchtung (z.B. in Möbelstücken) - Sensoren (z.B. Computermäuse) - Großbildleinwände - PC-Monitore, TV-Geräte (Hintergrundbeleuchtung) - Fernbedienungen
Technologiesprung:	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Forschungsaktivität und kontinuierliche technische Neuerungen im Bereich LED, auch bei der Werkstoffkomposition. - Das Einsatzgebiet von LED wird durch stetige Innovationen der Technik zunehmend erweitert. - Die in Verkehr gebrachten Mengen von LED steigen kontinuierlich, dabei nehmen die Verkaufszahlen von GEL ab. - Eine innovative Beleuchtungsform stellen oLED dar (auch zur Herstellung von oLED wird Indium benötigt).
Ressourcenrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - LED bestehen hauptsächlich aus Metall und Glas, diese Materialien können mittels des heutigen Lampenrecyclings bereits zurückgewonnen werden (siehe 10. Fact Sheet). - Die Wellenlänge und somit die Eigenschaften des erzeugten Lichts, das eine LED ausstrahlt, hängt vom eingesetzten Halbleitermaterial und der Dotierung ab. Eingesetzte Halbleitermaterialien im LED-chip (pn-diode) sind z.B.: Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs; rot), Galliumarsenidphosphid (GaAsP) und Aluminiumindiumgalliumphosphid (AlInGaP; rot, orange, gelb), Galliumphosphid (GaP, grün), Siliziumkarbid (SiC; blau), Indiumgalliumnitrid (InGaN) und Galliumnitrid (GaN), dementsprechend enthalten LED die ressourcenrelevanten Stoffe Ga, Ge, In, Zn als Halbleitermetalle. Außerdem enthalten LED Seltenerdmetalle wie Ce, Eu, Lu, Tb, Gd oder Y. In einer LED-Lampe sind diese ressourcenrelevanten Metalle nur in geringen Konzentrationen enthalten. - Des Weiteren bestehen elektrische und mechanische Verbindungen und Kontakte häufig aus Gold, Silber oder Zinn.
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Im Gegensatz zu GEL sind in LED keine Schadstoffe enthalten.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Eine getrennte Sammlung von Lampen ist vorgeschrieben. - LED werden gemeinsam mit GEL erfasst und behandelt.
Festgeschriebene Grenzwerte:	
Schlussfolgerungen:	<ul style="list-style-type: none"> - Abschlussergebnisse des Projekts sollen weiter verfolgt werden.^[28] - Weiterführende Recherche zu Aufbereitungsmöglichkeiten soll erfolgen.

Motivation:	- Motivation zum LED-Recycling gibt die Ressourcenrelevanz der enthaltenen Metalle.
-------------	--

20. Fact Sheet - Antimon

<i>Ressourcen- und schadstoffrelevante Elemente</i>	
Antimon	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Es sind keine Anforderungen an die separate Behandlung von antimon(Sb)-haltigen Geräten/ Bauteilen bei der Erstbehandlung im ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	3, 5
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2015):	- Es sind keine Anforderungen an die separate Behandlung von antimon(Sb)-haltigen Geräten/ Bauteilen bei der Erstbehandlung im ElektroG (2015) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	5
Status quo Erstbehandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Antimon wird nicht gezielt aus EAG separiert. Da es häufig in der Kunststofffraktion von LP enthalten ist, wird es über diesen Pfand aus getrennterfassten EAG ausgeschleust und teilweise an Kupferhütten zur weiteren Behandlung weitergegeben. Dort folgt Antimon metallurgisch dem Weg des Kupfers und der Edelmetalle. Es liegt somit in der gegossenen Anode vor und wird bei der anschließenden Elektrolyse wiederum mit den Edelmetallen über den Anodenschlamm ausgetragen. Anschließend wird Antimon im Rahmen der Edelmetallgewinnung über Raffinationsprozesse (Bleiraffination) aus dem Anodenschlamm zurückgewonnen. - Rückgewinnung über metallurgische Prozesse im Kupferprozess möglich, hier liegt die Rückgewinnungseffizienz bei 70 %, nur zur Rückgewinnung von Sb aus Leiterplatten realisiert - Antimon(III)oxid wird als Flammenschutzmittel vor allem für ABS, PA 6, PA 66, PC genutzt (8,4 % des global verbrauchten Gesamtvolumens an Flammenschutzmitteln).^[11] - Vorkommen vor allem in Brauner Ware, ITK, LED - Keine automatisierte Identifizierung in EAG. - Mitnahmeeffekt über die Demontage und separate Weiterbehandlung von Leiterplatten.
Relevante Bauteile:	<ul style="list-style-type: none"> - z.B. Leiterplatten oder flammgeschützte Kunststoffe - Antimon wird zu Legierungen verarbeitet.
Relevante Geräte:	- Flammgeschützte Geräte, flammgeschützte Kunststoffe
Technologiesprung:	- Antimon kann als Flammenschutzmittel durch andere FSM substituiert werden.
Ressourcenrelevanz:	- Bei Sb handelt es sich um ein Material mit hoher ökonomischer Relevanz für die EU und gleichzeitig hohem

	Versorgungsrisiko. Es wurde als kritisches Material mit hoher Ressourcenrelevanz identifiziert. ^[26]
Schadstoffrelevanz:	<ul style="list-style-type: none"> - Antimon bzw. Antimon(III)oxid, CAS-Nr.: 7440-36-0; 1309-64-4, ist ein fester Stoff. Es wirkt bei inhalativer Aufnahme reizend auf die Atemwege (H335). Es kann vermutlich Krebs erzeugen (H351).^[4] - Antimon wirkt (schwach) wassergefährdend.^[4]
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	-
Festgeschriebene Grenzwerte:	- TRGS 900: Die maximale Arbeitsplatzkonzentration von Antimon und Antimonverbindungen wird auf 0,5 mg/m ³ festgelegt.
Schlussfolgerungen:	<ul style="list-style-type: none"> - Die Rückgewinnung von Antimon aus Leiterplatten über Kupferhütten wird zum Teil praktiziert. - Konkrete Projekte zur gezielten Rückgewinnung von Sb aus FSM-Anwendungen in einem absehbaren Zeithorizont existieren nicht. - Laufende Projekte zur Ermittlung des Sb-Potentials in EAG und deren Rückgewinnung werden weiter verfolgt.
Motivation:	- Antimon(-III-oxid) besitzt eine Schadstoff- sowie eine hohe Ressourcenrelevanz, weshalb es bei der Behandlung von EAG mitbetrachtet werden sollte.

21. Fact Sheet - Beryllium

<i>Ressourcen- und schadstoffrelevante Elemente</i>	
Beryllium	
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2005):	- Es sind keine Anforderungen an die separate Behandlung von beryllium(Be)-haltigen Geräten/ Bauteilen bei der Erstbehandlung im ElektroG (2005) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2005):	1, 3, 5
Anforderung an die Behandlung nach ElektroG (2015):	- Es sind keine Anforderungen an die separate Behandlung von beryllium(Be)-haltigen Geräten/ Bauteilen bei der Erstbehandlung im ElektroG (2015) enthalten.
Vorkommen in SG nach ElektroG (2015):	1, 5
Status quo Erstbehandlung:	- Bei der rein manuellen Demontage von EAG werden BE-haltige Bauteile erkannt, sie können gezielt separiert und einer getrennten Verwertung zugeführt werden. -
Relevante Bauteile ^[29] :	- Häufige Anwendungen von Be als Kupfer-Beryllium-Legierung und Berylliumoxid. - Schaltfelder und Stecker (Weiße Ware), - Kontakte und Federn, z.B. in: Batterien, Lautsprechern, Antennen oder SIM-Kartenkontakte (Mobiltelefon), - Relaiskontakte - Präzisionssockel für ICs.
Relevante Geräte ^[29] :	- Beryllium/ Berylliumgemische: spezifische langlebige Anwendungen aus dem professionellen Bereich der Medizin und Kommunikationstechnik. - Be-Legierungen: Weiße Ware, ITK, Industrieelektronik, Medizingeräte, Lautsprecher, Haushaltstechnik, Telekommunikation, Computertechnik oder funkenfreie, nichtmagnetische Werkzeuge. ^[30] - Be-Keramiken: Wärmeleitpasten von Transistoren und Prozessoren in EAG, Transmitter in Mobiltelefonen, Medizintechnik.
Technologiesprung:	- Gilt als Werkstoff mit besonderen Eigenschaften. ^[29] - Trotz seiner herausragenden Eigenschaften ist Beryllium wegen seines hohen Preises und seiner Toxizität nur zum Einsatz in wenigen Anwendungen geeignet.
Ressourcenrelevanz:	- Bei Be handelt es sich um ein Material mit ökonomischer Relevanz für die EU und gleichzeitig hohem Versorgungsrisiko. Es wurde als kritisches Material identifiziert. ^[26]
Schadstoffrelevanz:	- Be und Be-Oxid, CAS: 7440-41-7, 1304-56-9

	<ul style="list-style-type: none"> - Beryllium(-oxid) wirkt akut toxisch beim Verschlucken (Kat. 3; H301) und beim Einatmen (Kat. 1; H330). Es ist krebserregend (H350i) und besitzt bei einmaliger sowie wiederholter (Kat. 1; H372) Exposition eine spezifische Zielorgan-Toxizität. Es verursacht Hautreizungen (H315; H317), Reizung der Atemwege (H335) und schwere Irritationen der Augen (H319). - Beryllium ist stark wassergefährdend, WGK 3.^[4] - Eine Kennzeichnung von Be-haltigen Bauteilen in Geräten hat zu erfolgen.
Gesetzlich vorgeschriebene und unverbindliche Anforderungen an die Behandlung:	<ul style="list-style-type: none"> - Es existieren keine Anforderungen zum Umgang mit Sb-haltigen Bauteilen von EAG.
Festgeschriebene Grenzwerte:	<ul style="list-style-type: none"> - TRGS 900: Bundesamt für Arbeit setzt den maximalen Grenzwert für die durchschnittliche mittlere Arbeitsplatzkonzentration (MAK) von Be und seinen Verbindungen auf 2 µg/m³ Raumluft an.^[31] - REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 Anhang XVII
Schlussfolgerungen:	<ul style="list-style-type: none"> - Es sollten Anforderungen an den Umgang mit Be bei der Erstbehandlung von EAG festgelegt werden.
Motivation:	<ul style="list-style-type: none"> - Die Motivation einer angemessenen Behandlung von Berylliumhaltigen Bauteilen ergibt sich aus der Schadstoff- und Ressourcenrelevanz.

Literaturverzeichnis

1. Fröhlich, H., *Recycling von LCD-Bildschirmgeräten*, in *Recycling- und Ressourcenkonferenz 2015*, Thomé-Kozmiensky, K.J.G., D., Editor. 2015, VIVIS TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky: Neuruppin. p. 313 - 324.
2. Blubox Trading Ag. *Flat Panel Display Recycling*. [cited 2015 12.12.2015]; Available from: <http://www.blubox.ch/technologies/blubox>.
3. Laga M31, *Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten - Altgeräte-Merkblatt*. 2009, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall.
4. Ifa. *GESTIS-Stoffdatenbank*. 2016 [cited 2016 05.01.]; Available from: [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/008490.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3\\$.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/008490.xml?f=templates$fn=default.htm$3$.0).
5. Sens / Swico Recycling, *Technische Vorschriften zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten*, Recycling, S.S., Editor. 2011.
6. Sander, K., et al., *Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenaspekten*. 2012, Ökopool GmbH i.A. Umweltbundesamt.
7. Urt Umwelt Und Recyclingtechnik GmbH, *Tonerkartuschenrecycling*. Firmenwebsite.
8. Hp, *Rücknahme von HP Verbrauchsmaterialien*. Firmenhomepage, 2016.
9. Brüning, T., *Bewertung der gesundheitlichen Wirkung von Tonerstäuben für Menschen am Arbeitsplatz*, Arbeitsmedizin, B.F.f., Editor. 2006: Bochum. p. 88.
10. Buwal, B.F.U., Wald Und Landschaft, *Bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffprodukten des Schweizer Marktes*. Umweltmaterialien - Umweltgefährdende Stoffe, 2004. **Nr. 189**: p. 55.
11. Flammschutz-Online. *Der Flammschutzmittelmarkt 2011*. 2012 [cited 2015; Available from: <http://flameretardants-online.com/web/de/106/7ae3d32234954e28e661e506e284da7f.htm>].
12. Abag-Itm, *Umweltrelevanz von asbesthaltigen Geräten in Abfällen aus elektro- und elektronischen Altgeräten*, Baden-Württemberg, U., Editor. 2006. p. 20.
13. Vsei, et al., *Asbest erkennen, beurteilen und richtig handeln*. 2013.
14. Uba, U. *Asbest*. 2015 [cited 2015; Available from: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/asbest>].
15. Poon, C.S., *Management of CRT glass from discarded computer monitors anTV sets*. Waste Management, 2008. **28**(9): p. 1499.
16. Tomra Sorting GmbH. *Recycling von Bildröhrenglas*. [cited 2015 12.12.2015]; Available from: <http://www.titech.de/specialist-sorting/recycling-von-bildr%C3%B6hrenglas-10712>.
17. Jehle, B., *Aufbau einer großtechnischen Anlage zur Zerlegung von Kathodenstrahlröhren*. UIP Abschlussbericht - ZM Electronics Recycling GmbH, 2011.
18. Yuan, W., et al., *Lead recovery from scrap cathode ray tube funnel glass by hydrothermal sulphidisation*. Waste Manag Res, 2015. **33**(10): p. 930-6.
19. Kemlein, S., et al., *Emission of Flame Retardants from Consumer Products and Building Materials*, in *BAM - Federal Institute for Materials Research and Testing UBA*. 2003, BMUB.
20. Tesar, M. and Öhlinger, A., *Flachbildschirmgeräte - Anforderungen an die Behandlung und Status in Österreich*. Umweltbundesamt Report -0384, 2012.
21. Chancerel, P. *Projektpräsentation: UPgrade*. in *Präsentation im Rahmen des Kick-Off-Treffens zum UFO-Plan "Stärkere Verankerung der Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung in produktpolitischen Instrumenten"* 2015. Berlin, .
22. Harant, M., *Umweltrelevante Inhaltsstoffe in Elektro- und Elektronikgeräten*. 2002, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Augsburg.

23. Kyocera - Document Solutions Deutschland, *Technischer Hintergrund*.
24. Bast, U., et al., *Recycling von Komponenten und strategischen Metallen aus elektrischen Fahrtrieben - MORE - Abschlussbericht*. 2014.
25. Elwert, T. *Workshop II - Das Henne-Ei-Problem - Recycling von Neodym*. in *UBA Workshop - Recycling von ressourcenrelevanten Metallen*. 2015.
26. European Commission, *The European Critical Raw Materials review*, in *MEMO*, EU-KOM, Editor. 2014.
27. Bertrand, E., *LEDs wirtschaftlich recyceln*. Fraunhofer - Forschung Kompakt, 2015.
28. Deubzer, O., *cyc-LED - Cycling resources embedded in systems containing Light Emitting Diodes (cycLED) - End of Life*, in *Projekt-Homepage*. 2015.
29. Puchta, R., *A brighter beryllium*. *Nat Chem*, 2011. **3**(5): p. 416-416.
30. Baua (Hrsg.). *Protokoll des Fachgesprächs am 17.05.2006 in Berlin zum Thema: Berylliumexposition – ein unerkanntes Arbeitsschutzproblem in Deutschland?* 2006; Available from:
http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjmo7AxfzKAhWKhhokHZKaCYUQFggzMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.baua.de%2Fde%2FThemen-von-A-Z%2FGefahrstoffe%2FStoffinformationen%2Fpdf%2FBeryllium.pdf%3F__blob%3DpublicationFile&usg=AFQjCNFYzF5z_w2NilLixvZp7X0oIb8WA.
31. Ngk Deutsche Berylco GmbH (Hrsg.), *Kupfer-Beryllium-Legierung*. 2014.

