



Untersuchung
„Umweltrelevanz von asbesthaltigen
Geräten in Abfällen aus elektro- und
elektronischen Altgeräten“

für das

Umweltministerium
Baden-Württemberg

Oktober 2006

ABAG-itm GmbH
Sachsenstr. 12, 75177 Pforzheim;
Fon 07231/47252-0, Fax -20;
E-Mail info@abag-itm.de;
Internet www.abag-itm.de

Inhalt

1.	Anlass und Zielsetzung	3
2.	Vorgehen	5
3.	Vorkommen von Asbest in EAG	6
	3.1. Verwendung von Asbest	6
	3.2. Beschreibung asbesthaltiger Elektrogeräte	7
4.	Vorgaben aus dem rechtlichen Bereich	10
	4.1. ElektroG und LAGA-Mitteilungen	10
	4.2. Vorgaben des Gesundheits- und Arbeitsschutzes	11
	4.2.1. Ermittlung von Schutzmaßnahmen	11
	4.2.2. Spezielle Anforderungen an den Umgang mit Asbest	12
5.	Mögliche Asbestemissionen durch die Behandlung von Elektroaltgeräten	14
	5.1. Allgemeines.....	14
	5.2. Manuelle und maschinelle Zerlege- Aufschlusstechniken	14
	5.3. Anforderungen an die Separierung von Geräten	16
	5.4. Anforderungen an die Beseitigung von asbesthaltigen Abfällen	16
6.	Zusammenfassende Empfehlungen	18

1. Anlass und Zielsetzung

Asbest ist ein natürlich vorkommendes faseriges Mineral, das gegen Hitze bis etwa 1000 °C und schwache Säuren sehr widerstandsfähig ist. Zudem besitzt es eine hohe Zugfestigkeit und ist leicht zu verarbeiten. Aufgrund seiner technischen Eigenschaften (Dämmung, Brandschutz, Elastizität) wurde Asbest sehr vielfältig eingesetzt, u. a. zur Isolierung von Rohren, Heizungen und Elektrogeräten.

Asbest selbst ist nicht giftig. Die von Asbest ausgehende Gesundheitsgefährdung entsteht durch seine „geometrischen“ Eigenschaften: Asbest zerfällt leicht in mikroskopisch kleine, lungengängige Fasern, die Lungen- und Rippenfellkrebs auslösen können. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) hat 1988 Asbest als einen "sehr stark gefährdenden" krebserzeugenden Stoff (Kategorie 1) eingruppiert. Wie bei anderen Kanzerogenen gibt es zwar eine Dosis-Wirkungs-Beziehung, aber keine Wirkungsschwelle: Theoretisch könnte schon eine einzige Faser Krebs auslösen, allerdings nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit¹. Wegen des hohen Gesundheitsgefährdungspotenzials sind die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von Asbest – von Ausnahmen abgesehen - in Deutschland seit 1993² vollständig verboten. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass nach dem Stoffverbot in Einzelfällen asbesthaltige Waren importiert wurden.

Trotz des Verbots ist Asbest nach wie vor in älteren, noch in Gebrauch befindlichen Elektrogeräten enthalten, z. B. Toastern, Fönen oder Heiz- und Backöfen, die derzeit und auch in den kommenden Jahren im Rahmen der Sammlung von Elektroaltgeräten zur Entsorgung anstehen³.

Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG), die Asbest enthalten sind wegen der von ihnen ausgehenden Gesundheitsgefährdung als gefährliche Abfälle einzustufen. Für den Umgang mit asbesthaltigen Geräten sind unter sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen besondere Vorkehrungen zu treffen.

Obwohl die EU-Richtlinie über Elektroaltgeräte eine selektive Behandlung von Geräten mit Asbest vorschreibt, enthält das ElektroG keine besonderen Anforderungen an die Behandlung solcher Geräte. Auch das LAGA-Merkblatt Nr. 31 enthält solche Ausführungen zum Umgang von Elektro- und Elektronikgeräten mit Asbest nicht. Insofern ist zu klären, welche Standards für die Behandlung von asbesthaltigen Geräten festzulegen sind, um die Schutz- und Vorsorgestandards des Gesetzgebers umzusetzen.

Zur Klärung des Sachverhalts hat das Umweltministerium Baden-Württemberg die ABAG-itm beauftragt,

- Eine Übersicht über asbesthaltige Elektro- und Elektronikgeräte zu erstellen,
- Die möglichen Umweltwirkungen einer Behandlung ohne vorherige Schadstoffentfrachtung zu bewerten, und
- Geeignete Verwertungsverfahren und Entsorgungswege aufzuzeigen.

In der vorliegenden Arbeit werden Elektro- und Elektronikgeräte identifiziert und beschrieben, die Asbest enthalten können. Zudem wird die Gefährdung, die von einer manuellen oder maschinellen Zerlegung ausgehen kann beschrieben und soweit als möglich quantifiziert.

Die in dieser Untersuchung verwendeten Informationen und Daten beruhen auf Angaben aus der Literatur, der Befragung von Experten und auf Angaben verschiedener Entsorgungsbetriebe.

2. Vorgehen

Um die erforderlichen Informationen zur Beantwortung der Frage, ob bei asbesthaltigen Elektroaltgeräten (EAG) eine Demontage vor dem maschinellen Aufschluss, z. B. im Shredder, oder eine gänzlich separate Behandlung als asbesthaltiger Abfall erforderlich ist, wurde folgendermaßen vorgegangen:

- ❖ Zusammenstellung der potenziell asbesthaltigen Geräte,
- ❖ Darstellung der Art, Menge und des Einbauorts von asbesthaltigen Bauteilen,
- ❖ Darstellung der rechtlichen Vorgaben zum Umgang mit Asbest,
- ❖ Darstellung der möglichen Gefahren durch die Behandlung asbesthaltiger Geräte mit und ohne vorherige Entnahme der asbesthaltigen Bauteile hinsichtlich des Arbeitsschutzes und der Umweltbelastung,
- ❖ Zusammenfassende Empfehlungen.

Neben der einschlägigen Literatur wurden zur Beantwortung der obigen Fragestellungen zusätzliche Informationen bei Entsorgungsbetrieben eingeholt. Damit soll vorrangig das aktuelle Vorgehen der Entsorger hinsichtlich der Behandlung der unterschiedlichen Elektroaltgerätekategorien abgebildet werden.

Hinsichtlich der Darstellung und Bewertung der Umweltbelastung und der Auswirkungen auf den Arbeitsschutz wird davon ausgegangen, dass die rechnerische Asbestkonzentration im gesamten Abfallstrom weniger relevant ist, als die jeweilige Belastung aus dem konkreten Behandlungsschritt. Dies bedeutet beispielsweise bei der Behandlung von Kleingeräten im Shredder, eine tatsächliche Konzentration von einem Asbestgerät auf insgesamt 20 Geräte im Shredder und nicht von 1 : 1000 oder weniger Geräten, wie es sich auf Grund der geschätzten statistischen Häufigkeit im Abfallstrom ergäbe.

3. Vorkommen von Asbest in EAG

3.1. Verwendung von Asbest

Asbest kann in fest und schwach gebundener Form vorliegen, woraus ein unterschiedliches Gefährdungspotential resultiert.

Asbestprodukte mit fester Faserbindung haben einen hohen Bindemittel- und geringen Asbestanteil und sind an sich relativ ungefährlich. Der Asbestfaseranteil liegt in diesem Fall bei unter 15 Gewichtsprozenten. Mit fortschreitender Abnutzung bzw. bei mechanischer Bearbeitung wie Bürsten, Bohren, Brechen, Sägen u. ä. werden die Asbestfasern jedoch freigesetzt und führen zu Gesundheitsgefährdungen.

Fest gebundene Asbestprodukte (Hartasbest) kommen z. B. vor als Fassadenverkleidungen, Dacheindeckungen (Wellplatten), sonstige glatte und profilierte Platten, Fensterbänke, Blumenkästen, Rohrleitungen im Hoch- und Tiefbau. Bekannte Markennamen für diese Produkte sind "Eternit" und „Fulgerit“. Aber auch Brems- und Kupplungsbeläge, Form- und Dichtungsmassen, Klebstoffe, Fugenkitte oder einige in den 70er Jahren gebräuchliche Fußbodenbeläge (z.B. "Floor-Flex") enthielten Asbest in fest gebundener Form.

Schwach gebundene Asbestprodukte enthalten einen Asbestanteil von über 60 Gewichtsprozenten. Bei diesen Produkten ist eine Freisetzung von Fasern und damit eine Gesundheitsgefährdung schon bei geringer mechanischer Einwirkung gegeben.

Schwach gebundene Asbestfasern (Weichasbest), wozu u.a. auch Spritzasbest zählt, sind im Bereich des Brand- und Schallschutzes anzutreffen (z.B. Isolierungen und Dichtungen bei Türen, Lüftungseinrichtungen oder Leitungen in Form von Asbestpappen, -matten und -schnüren). Darüber hinaus wurde Weichasbest auch in anderen technischen Bereichen eingesetzt, z. B. in Form von Geweben als Filtermaterial.

Ebenso enthalten Nachtspeicheröfen oftmals Weichasbest, entweder in Kleinteilen, Träger für Heizwicklungen oder in den Auskleidungen. Vor einer Entfernung der Geräte ist daher auf alle Fälle anhand von Hersteller, Baujahr, Gerätetyp und Seriennummer abzuklären, ob das betreffende Heizgerät asbestfrei ist.

Die Verwendung und das Inverkehrbringen von Asbest und asbesthaltigen Produkten ist **in Deutschland seit 1993 verboten**. Aufgrund der öffentlichen Diskussion haben die meisten deutschen Hersteller bereits vor 1990 die Verwendung von Asbest in elektrischen und elektronischen Geräten eingestellt. Nach EU-Recht müssen alle Mitgliedsstaaten bis zum Jahr 2005 ein Asbestverbot aussprechen. Andere Länder haben bis heute noch kein Verbot erlassen, darunter auch wichtige Industrienationen wie z. B. die USA, Russland und Kanada. Die Anwendung von Asbest ist in diesen Ländern im Wesentlichen, mit über 90 %⁴, auf die Herstellung von Asbestzement konzentriert⁵. Dennoch werden in Deutschland vereinzelt relativ neue asbesthaltige Geräte aufgefunden, z. B. Herde mit Ceran-kochfeldern⁶. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass in diesen Ländern weiterhin Asbest in elektrischen Geräten eingesetzt wird und diese über Graumimporte auf den deutschen Markt gelangen.

3.2. Beschreibung asbesthaltiger Elektrogeräte

Aufgrund ihrer wärmedämmenden und isolierenden Eigenschaften wurden Asbestfasern früher in elektrischen und elektronischen Geräten als wärmebeständiges Dicht- und Isoliermaterial eingesetzt. Oft eingesetzt wurden Asbestschnüre und -gewebe. **Elektroaltgeräte enthalten praktisch ausschließlich schwach gebundenen Asbest.**

	
<p>Asbesthaltige Kabelisolierung in einer Kaffeemaschine.</p>	<p>Asbestisolerplatte eines Bügeleisens. Quelle: http://www.asbestosnetwork.com/exposure/ex_consumer.htm</p>

Asbest in elektrischen und elektronischen Geräten kann in Form von Schnüren, Geweben, Isolationsplatten oder Asbestüberzügen vorkommen.

- ❖ Asbesthaltige Schnüre und Gewebe zeichnen sich durch einen „schmierigen Griff“ aus und sind meist hellgrau gefärbt. Glas- und Mineralwolle fühlt sich demgegenüber meist kratzig und rau an und ist meist gelb eingefärbt
- ❖ Bei asbesthaltigen Isolierplatten handelt es sich meist um dicht gepackte, hellgraue Platten, die an ihrer faserigen Struktur an den Rand- bzw. Bruchstellen zu erkennen sind.
- ❖ Asbestüberzüge auf Platten, Gittern und Geweben zeichnen sich ebenfalls durch ihre hellgraue Färbung und die faserige Struktur aus⁷.

Generell können alle Geräte bei denen Hitze eine Rolle spielt und die vor 1993 hergestellt und in Deutschland in Verkehr gebracht wurden Asbest enthalten. Zusätzlich können in Einzelfällen grau importierte ausländische Geräte jüngeren Datums ebenfalls Asbest enthalten. Es ist oft schwierig von Außen zu erkennen, ob ältere Geräte tatsächlich Asbest enthalten. Mit einer Öffnung der Geräte ist jedoch die Gefahr verbunden, dass Fasern unbeabsichtigt freigesetzt werden.

In Tabelle 1 sind die Geräte, die Asbest enthalten können aufgeführt. Die Tabelle beruht auf Literaturangaben⁸ und Informationen von Entsorgungsbetrieben.

Gerät	Asbesthaltiges Bauteil, Einbauort	Anmerkung
Elektrogroßgeräte		
Ölradiatoren	Isolationsplatten an der Stirnseite; Dichtung an der Ablassöffnung	Meist einfach zu demonstrieren
Nachtspeicheröfen	Dämmmatten, Drahtisolierung	Entsorgung geregelt in der LAGA EAG Richtlinie ⁹
Wäschetrockner, Waschmaschinen	Dichtung zwischen Heizung und Trommelkammer	Selten in europäischen Geräten, eher in Geräten aus USA (bis Bj. 1976)
Elektroherde, Backöfen, Backrohre	Wärmeisoliermatten im Bereich des Backrohrs, Dichtungen im Gehäuse, Isolierungen der Kochplatten/felder	Große Mengen und leicht freisetzbar
Heizstrahler, Elektrische Heizungen	Ummantelung der Heizgitter und Kabelisolierung. Teilweise asbesthaltiges Gewebe zur Wärmeisolierung	Schwer zu entfernen
Trocken-, Härte-, Glühöfen	Asbestmatten um den Ofen, Dichtschnüre	
Durchlauferhitzer, Boiler	Dichtungen zwischen der Heizung (Boiler) und dem Regler, Abdichtung des Reglers	
Elektrokleingeräte		
Toaster	Kabelummantelung, Asbestpappe, Isoliermatte. Eingebaut in Heizeinheit	Schwer zu entfernen, ca. 50 g je Toaster
Haartrockner, Trockenhauben (professionelle Geräte)	Kabelummantelung, Dichtungsschnur, Hitzeabschirmung. Eingebaut in Heizeinheit. Profigeräte und Amerikanische Fabrikate GE	Schwer zu entfernen, ca. 200 g je Gerät
Kaffeemaschinen	Kabelummantelungen und Abstandshalter	Schwer zu entfernen
Bügeleisen	Dichtungsschnur, Isolierplatte an Bügelfläche	Ca. 100 g je Bügeleisen
Warmhalteplatten	Dichtschnur	
Heizkissen	Asbesthaltiges Gewebe, Kabelisolierungen	Schwer zu entfernen, ca. 200 g je Gerät
Heizdecken	Asbesthaltiges Gewebe, Kabelisolierungen	Schwer zu entfernen, ca. 200 g je Gerät
Heizlüfter	Isolierung um die Heizgitter, evtl. Isoliermatten	Schwer zu entfernen, Fasern leicht freisetz-

		bar, ca. 200 g je Gerät
Tischgrill	Asbestschnüre	ca. 200 g je Gerät
Overhead und Diaprojektor	Dichtschnur, Kabelisolierung und Wärmedämmung im Bereich der Lampe	Schwer zu entfernen
Kontrollinstrumente		
Sicherungskästen	Brandschutzplatten z. B. an Tür	
Hochspannungsverteiler	Brandschutzplatten z. B. an Tür	

Tabelle 1: Übersicht über Geräte die Asbest enthalten können, Quellen: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stand der Technik bei Verwertung von Elektro(nik)altgeräten, Stuttgart, 2002; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Leitfaden für die Behandlung von Elektro- und Elektronikgeräten, Wien, 1999; die Mengenangaben sind aus dem Abschlussbericht des Ak 13 „Elektronikschrott“ der Niedersächsischen Landesregierung, 1998 entnommen.

Eine verlässliche statistische Datengrundlage über die Häufigkeit des Vorkommens von asbesthaltigen Geräten im Abfallstrom ist nicht verfügbar. Nach Aussagen von Verwertungsunternehmen ist derzeit eines von 1000 Geräten möglicherweise asbesthaltig, bei der Sammelgruppe 5 wird eine Häufigkeit von 1 : 10.000 geschätzt. Die Schätzungen sind aber nicht wissenschaftlich belegt sondern beruhen auf subjektiven Einschätzungen vor Ort. Asbesthaltige Geräte treten insbesondere bei der Auflösung von Haushalten älterer Personen oder bei der Entrümpelung häuslicher Lagerräume, wie Dachböden oder Keller, auf. Es können in der Praxis also durchaus „Spitzen“ bei einer Anlage auftreten, indem mehrere Geräte in einer Charge gleichzeitig anfallen. Der statistische Mittelwert ist also für die konkrete Häufigkeit von asbesthaltigen Geräten und damit für die mögliche Belastung im Recyclingbetrieb wenig aussagekräftig.

Aufgrund des Asbestverbotes in Deutschland stehen für die Entsorgung von asbesthaltigen Altgeräten grundsätzlich zwei Wege offen.

- ❖ Die **Verwertung** von Geräten die Asbest enthalten ist nur nach vollständiger Entfernung aller asbesthaltigen Bauteile zulässig. Die entfernten asbesthaltigen Bauteile müssen entsprechend der gesetzlichen Vorgaben beseitigt werden. Da die asbesthaltigen Bauteile immer innerhalb der Geräte positioniert sind, sind bei der Demontage entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich
- ❖ Die **Beseitigung** von asbesthaltigen Geräten ohne vorherige Schadstoffentfrachtung auf einer Deponie oder in der Müllverbrennung ist zulässig, wenn die Freisetzung von Fasern z. B. durch dichte Verpackung oder Immobilisierung ausgeschlossen werden kann, oder die Fasern thermisch zerstört werden.

In der Praxis lohnt sich insbesondere bei Kleingeräten der Aufwand zur Schadstoffentfrachtung und zur Verwertung der gereinigten Fraktion nicht, weshalb solche Geräte als Ganzes, ohne vorherige Demontage beseitigt werden sollten.

4. Vorgaben aus dem rechtlichen Bereich

4.1. ElektroG und LAGA-Mitteilungen

Vorgaben aus dem ElektroG

In § 11 ElektroG sind die Mindestanforderungen an die Behandlung der gesammelten Geräte genannt: „Es sind mindestens alle Flüssigkeiten zu entfernen und die Anforderungen an die selektive Behandlung nach Anhang III zu erfüllen.“ Für Asbesthaltige Bauteile ist in Anhang III des ElektroG ausgeführt:

„Mindestens folgende Stoffe, Zubereitungen und Bauteile müssen aus getrennt gesammelten Altgeräten entfernt werden: ... Asbestabfall und Bauteile, die Asbest enthalten; ...“

Damit ist eindeutig festgelegt, dass Asbest aus Altgeräten vor der weiteren Behandlung entfernt werden muss. Es ist jedoch nichts über die Art und Weise in der dies erfolgen soll ausgesagt. Falls dies ohne Risiken für Mensch und Umwelt möglich ist, wäre hier grundsätzlich auch eine maschinelle Separierung zulässig.

Vorgaben aus den LAGA-Mitteilungen

LAGA-Mitteilung „Elektro-Altgeräte Richtlinie“

Bei der Mitteilung Nr. 31 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) vom 24.3.2004 handelt es sich um eine Empfehlung zur Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten¹⁰. Danach sind asbesthaltige Bauteile „separat zu erfassen und einer gesonderten Entsorgung zuzuführen“. Gemäß Anhang IIa der Mitteilung ist eine weitere Verwertung asbesthaltiger Geräteteile nur nach vollständiger Entfernung der asbesthaltigen Bauteile und deren Bruchstücke in geeigneten Anlagen zulässig. Die asbesthaltigen Bauteile sind nach Anhang I dieser Vorschrift zu beseitigen, eine Verwertung ist nicht zulässig.

Die Mitteilung Nr. 31 geht offenbar davon aus, dass asbesthaltige Geräte entweder als Ganzes entsprechend einschlägiger Vorschriften beseitigt oder nur dann verwertet werden, nachdem sämtliche asbesthaltigen Bestandteile vollständig entfernt worden sind. Bei der Entfernung der schadstoffbelasteten Bauteile sind die einschlägigen Arbeitsschutzmaßnahmen einzuhalten. Konkrete Hinweise für eine Behandlung von Elektro- und Elektronikgeräten enthält die Mitteilung nicht. Soweit anwendbar wird auf die Regelungen in der TRGS 519 verwiesen.

LAGA-Mitteilung 23 „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“

In der LAGA-Mitteilung „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“¹¹ sind ebenfalls asbesthaltige Elektro- und Elektronikgeräte angesprochen:

„Asbesthaltige Materialien können z.B. in folgenden Geräten und Bauteilen enthalten sein:

- ❖ Elektro-Heizgeräte: Speicherheizgeräte, Kachelöfen, Direktheizgeräte, Heizstrahler
- ❖ Wärmetechnik: Brut- und Trockenöfen, Härte- und Glühöfen
- ❖ Heizungstechnik: Heizkessel, Gaswasserheizer, Lufterhitzer

- ❖ Haushaltsgeräte: Elektroherde, Backöfen, Wäschetrockner, Kleingeräte wie Haartrockner, Toaster, Diaprojektoren usw.
- ❖ Lüftungs- und Brandschutztechnik: Wärmerückgewinnungsanlagen, Brandschutzklappen, Brandschutzventile, Brandschutztüren, Brandschutztore
- ❖ Elektrotechnik: Sicherungskästen, Hochspannungsverteiler "

In Abschnitt 5.3 „Entsorgung von Geräten und Bauteilen“ wird die Zerlegung und separate Behandlung asbesthaltiger Geräte vorgeschrieben: „In den Zerlegungsanlagen sollen die asbesthaltigen von den nicht asbesthaltigen Materialien getrennt und die verwertbaren Materialien in einzelne Fraktionen zerlegt und soweit von Asbestfasern befreit werden, dass eine Verwertung ermöglicht wird“.

Aus abfalltechnischer Sicht ergibt sich daher eine strikte Empfehlung hinsichtlich einer tatsächlichen Entfernung und separaten Behandlung asbesthaltiger Bauteile vor der weiteren Behandlung der Geräte. Die Vorgaben zur Behandlung asbesthaltiger Geräte oder Teile entsprechen denen der LAGA Mitteilung Nr. 31

4.2. Vorgaben des Gesundheits- und Arbeitsschutzes

4.2.1. Ermittlung von Schutzmaßnahmen

Werden im Recyclingprozess gefährliche Stoffe eingesetzt oder in der Behandlung freigesetzt ist das Gefahrstoffrecht zu beachten. Bei Asbest in elektrischen und elektronischen Geräten handelt es sich überwiegend um so genannten schwach gebundenen Asbest. Gefahrstoffrechtlich ist Asbest als krebserzeugend eingestuft. Die erforderlichen Arbeitsschutz- und Vorsorgemaßnahmen sind in der novellierten Gefahrstoffverordnung¹² festgelegt. Danach hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob es am Arbeitsplatz Gefahrstoffe gibt oder ob diese entstehen bzw. freigesetzt werden können. Ist dies der Fall, so hat er die vom Gefahrstoff ausgehenden Gefährdungen für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu ermitteln und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen. Je nach Tätigkeit kann der Prozess der Gefährdungsbeurteilung mehrere Elemente umfassen.

Zur Ermittlung der erforderlichen Schutzmaßnahmen ist ein gestuftes Vorgehen, in Anlehnung an die Vorgaben im „Einfachen Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe“¹³, sinnvoll.

- ❖ Hierzu ist insbesondere die Art und Menge der eingesetzten oder im Prozess freigesetzten gefährlichen Stoffe zu ermitteln. Zur Bestimmung der freigesetzten Stoffe sind entsprechende Messungen durchzuführen.
- ❖ Anhand der Sicherheitsdatenblätter und der Informationen in der Gefahrstoffliste kann dann die Gefährlichkeits- und Freisetzungsguppe und die jeweils zugehörigen Arbeitsplatzgrenzwerte ermitteln werden
- ❖ Entsprechen der Gefährlichkeitsmerkmale der Stoffe wird anschließend die Schutzstufe entsprechend Abbildung 1 ermittelt.
- ❖ Abschließend werden die Schutzmaßnahmen entsprechend der Schutzstufe festgelegt und in Unterweisungen dokumentiert.

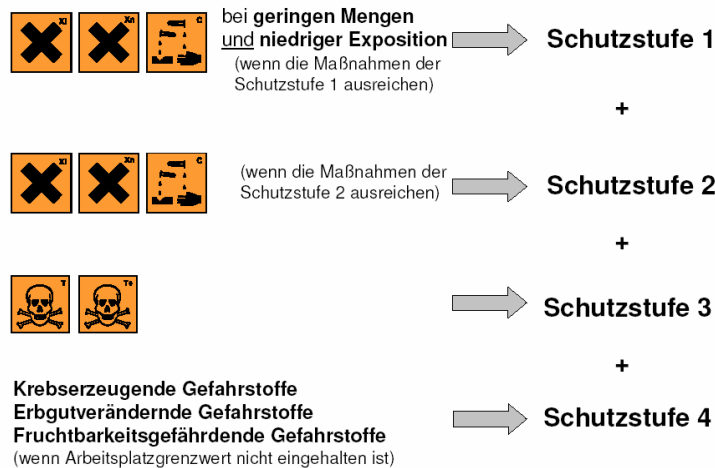


Abbildung 1: Zuordnung von Gefährlichkeitsmerkmalen und gefahrstoffrechtlicher Schutzstufen

In diese Untersuchung sind alle gefährlichen Stoffe einzubeziehen. Asbest als krebserzeugender Gefahrstoff würde demnach Schutzstufe 4 erfordern. Konkrete Vorgaben zum Umgang mit asbesthaltigen Materialien und den erforderlichen Schutzmaßnahmen sind in der TRGS 519¹⁴ und der BGI 664¹⁵ festgehalten.

Bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung sind folgende allgemeine Anforderungen zu beachten:

- Die Gefährdungsbeurteilung ist unabhängig von der Zahl der Beschäftigten vorzunehmen
- Eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen darf erst aufgenommen werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung abgeschlossen ist, dokumentiert wurde und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.
- Die Gefährdungsbeurteilung darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.
- Die unterschiedlichen Gefährdungsarten (inhalativ, dermal und physikalisch-chemisch) müssen einzeln beurteilt und anschließend in der Gefährdungsbeurteilung zusammengeführt werden. Das gleiche gilt für Tätigkeiten mit Expositionen gegen über mehreren Gefahrstoffen, d.h. die Gefährdungsbeurteilung muss die Gefährdung sämtlicher am Arbeitsplatz vorhandener Gefahrstoffe berücksichtigen.
- Der Arbeitgeber hat ein Verzeichnis der im Betrieb verwendeten Gefahrstoffe zu führen mit Hinweis auf die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter.

4.2.2. Spezielle Anforderungen an den Umgang mit Asbest

Bei schwach gebundenem Asbest, wie er in Elektro(nik)geräten meist anzutreffen ist, handelt es sich im Wesentlichen um Leichtbauplatten, Asbestpappen, Dichtungsschnüre, Kabelummantelungen oder Matten bei denen die Fasern im Vergleich zu Asbestzement (fest gebundene Fasern) schon bei einfachen mechanischen Eingriffen leicht freigesetzt werden können. Bei einer manuellen Demontage von asbesthaltigen Geräten sind daher besondere Schutzvorkehrungen zu treffen. **Beim maschinellen Aufschluss von Geräten beispielsweise im**

Shredder ist davon auszugehen, dass die schwach gebundenen Fasern vollständig freigesetzt und sowohl in die Abluft als auch in die verschiedenen Shredderfraktionen, insbesondere die Shredderleichtfraktion, transferiert werden.

Bei Asbestfasern gibt es grundsätzlich keinen Schwellenwert, unterhalb dessen eine Schädigung des menschlichen Organismus sicher ausgeschlossen werden kann. Grundsätzlich ist Verwendung asbesthaltigen Materials daher verboten und der Umgang, z. B. Abbruch-, Sanierungs- oder Wartungsmaßnahmen unterliegt strengen Anforderungen hinsichtlich des Arbeitsschutzes. Arbeiten mit Asbest dürfen nur von sachkundigen Personen und in abgetrennten Räumen ausgeführt werden.

Die Schutzmaßnahmen beim Umgang mit asbesthaltigen Materialien sind in der TRGS 519 und den berufsgenossenschaftlichen Information BGI 664 „Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“ beschrieben. Selbst bei einfachen Wartungsarbeiten und niedrigen Belastungen (< 15.000 Fasern/m³), wie z. B. dem Ersetzen asbesthaltiger Dichtungen ist eine spezielle Schutzmaske zu tragen und der Arbeitsbereich ist abzusperrern, um auszuschließen, dass Personen ungeschützt mit Asbest in Berührung kommen. Der Arbeitsplatz ist anschließend mit einem bauartgeprüften Staubsauger von Fasern zu befreien und mehrfach zu lüften.

Diese Vorschriften gelten auch für Recyclingbetriebe. Die **manuelle Demontagetätigkeit** zur Entfernung von asbesthaltigen Bauteilen ist mit den in der BGI 664 beschriebenen einfachen Wartungsarbeiten vergleichbar. Daraus ergibt sich, dass eine manuelle Demontage, z. B. von großen Haushaltsgeräten, nur in abgegrenzten Räumen unter den oben beschriebenen Schutzmaßnahmen durchgeführt werden darf.

Eine **maschinelle Behandlung asbesthaltiger Geräte** setzt voraus, dass die Anforderungen des Arbeitsschutzes eingehalten werden. Eine maschinelle Behandlung stellt somit hohe technische Anforderungen an den Betrieb einer solchen Anlage (z. B. gekapselter Shredder mit ständiger Messung der Gefahrstoffe).

5. Mögliche Asbestemissionen durch die Behandlung von Elektroaltgeräten

5.1. Allgemeines

Wie bei anderen krebserzeugenden Stoffen kann auch für Asbest keine Wirkungsschwelle angegeben werden. Bei kanzerogenen Stoffen ist davon auszugehen, dass auch kleinste Mengen zu irreversiblen Schädigungen führen können. Je nach Häufigkeit und Dauer des Kontakts summiert sich die Schadenswahrscheinlichkeit und führt letztlich in Abhängigkeit von Gesamtdosis und Zeit zur Entstehung von Krankheiten, wie z. B. Tumoren. Grenzwerte für krebserzeugende Chemikalien können das Risiko einer Krebserkrankung nur vermindern, nicht jedoch ausschließen¹⁶.

Der Umgang mit Asbest ist daher wie oben beschrieben nur zulässig, wenn dafür zwingende Gründe vorliegen. Dies ist der Fall bei Sanierungsarbeiten oder auch der Wartung oder auch der Schadstoffentfrachtung von Altgeräten, mit dem Zweck die Weiterverwertung umweltverträglich sicher zu stellen. Die Schadstoffentfrachtung muss dabei so erfolgen, dass die gefährlichen Stoffe sicher und vollständig aus dem behandelten Gegenstand entfernt werden und eine diffuse Freisetzung in die Umgebung, den Arbeitsplatz oder eine Verschleppung mit den Outputströmen der Behandlungsanlage sicher vermieden wird. Wird die Entfrachtung als zu aufwändig oder zu gefährlich eingestuft, so hat die Beseitigung des kompletten asbesthaltigen Gerätes zu erfolgen.

5.2. Manuelle und maschinelle Zerlege- Aufschlusstechniken

Manuelle Behandlung

Bei der **manuellen Schadstoffentfrachtung** können asbesthaltige Bauteile vollständig entfernt und einer geordneten Beseitigung zugeführt werden. Entsprechend der Arbeitsschutzvorschriften darf hierzu nur besonders geschultes Personal eingesetzt werden. In der Praxis werden solche Arbeit auch von Entsorgungsbetrieben nach außen an spezialisierte Unternehmen, z. B. größere Entsorgungsunternehmen, die über spezielle Einrichtungen verfügen, vergeben. Das schadstoffentfrachtete Gerät kann anschließend ohne weitere spezifische Schutzmaßnahmen weiter behandelt werden.

Alternativ zur manuellen Schadstoffentfrachtung können insbesondere asbesthaltige Kleingeräte als ganzes **ohne Vorbehandlung** der **Beseitigung** zugeführt werden. Dies geschieht i. d. R. aus wirtschaftlichen Gründen, da sich eine besondere Behandlung der Geräte auf Grund ihres geringen Vorkommens im Abfallstrom und des geringen Gehaltes an verwertbaren Stoffen/Materialien nicht lohnt. Grundsätzlich wird es aus Arbeitsschutzgründen für sinnvoll erachtet, bei Kleingeräten auf die Demontage zu verzichten und die Geräte als Ganzes zu beseitigen¹⁷. Die Geräte sollten hierzu aus dem Abfallstrom aussortiert und in dicht verschließbaren Plastiksäcken mit entsprechender Kennzeichnung gesammelt und der ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden.

Maschinelle Behandlung

Die maschinelle Behandlung von asbesthaltigen Materialien könnte zumindest theoretisch auch über Shredderanlagen und eine anschließende Abtrennung des Asbestanteils erfolgen. Hierbei ist zu beachten, dass die Asbestkonzentration, wie oben bereits beschrieben, in der Anlage vergleichsweise hoch sein kann. Statistisch gesehen ist der Asbestanteil in Abfallstrom deutlich kleiner als 1 : 1000 mit fallender Tendenz. In der Shredderanlage fällt der Asbest jedoch in einer Konzentration an, die auf die Chargengröße des Shredders bezogen werden muss. Je nach Größe sind dies 1 bis ca. 20 Geräte. Hier findet also eine stoßweise Freisetzung statt, die zu deutlichen Konzentrationsspitzen führen kann.

Messungen der Asbestkonzentration an Shredderanlagen wurden bisher nicht veröffentlicht. Es ist aber aus anderen Untersuchungen¹⁸ zur Staub und Schwermetallbelastung am Shredderarbeitsplatz bekannt, dass die Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte hohe Anforderungen an den Betrieb der Anlage stellt. Ausweislich der Untersuchung werden Grenzwerte für Staub und Schwermetalle in der Praxis oft überschritten.

Für eine maschinelle Behandlung von Elektro- und Elektronikgeräten werden Shredder unterschiedlicher Bauart eingesetzt. Derzeit sind überwiegend Schneidmühlen im Einsatz, die das Aufgabematerial in kleine Teile zerteilen. Der Aufschluss ist bei dieser Technik nicht vollständig, so dass die einzelnen Abschnitte nach der Behandlung teilweise immer noch als Verbund vorliegen können. So können Asbestschnüre, die in Nuten eingelegt sind teilweise herausgezogen werden, oder im „Verbund“ belassen werden. Zur Verbesserung der Aufschlusstechnik und damit zu Erhöhung des Wertstoffanteils werden in neueren Anlagen zunehmend Prallmühlen oder Querstromzerspaner eingesetzt, die den Aufschluss über Impulskräfte erzielen (Aufprall der Teile mit hoher Geschwindigkeit auf einer Metallplatte). Mit dieser Technik wird eine wesentliche Verbesserung des Aufschlusses erzielt. Im Fall von Asbest heißt dies, dass die asbesthaltigen Bauteile weitgehend vollständig freigelegt und der Asbeststaub quantitativ fein in der Luft und auf die Outputfraktionen verteilt wird.

Eine Freisetzung von Fasern an die Umgebung kann bei den allgemein für den Aufschluss von Elektroaltgeräten eingesetzten Shreddern nicht verhindert werden, da sie weder hinreichend dicht sind noch über die erforderlichen Abluftfilter verfügen. Die Abgabe von Fasern über die Abluft kann allenfalls mittels vollständig gekapselter Shredder, wie sie z. B. für die Behandlung von Kühlgeräten eingesetzt werden, und einer ausreichenden Filtertechnik verhindert werden. Für die erforderliche vollständige Abtrennung der Fasern aus der Abluft, den Filterstäuben und den Wertstofffraktionen ist jedoch keine Technologie verfügbar.

Ein maschinelles Zerlegen (Shreddern) von asbesthaltigen Geräten verbietet sich daher sowohl aus arbeitsschutzrechtlicher Sicht als auch hinsichtlich des Umweltschutzes. Zum einen können beim Shreddern asbesthaltiger Geräte in nicht gekapselten Anlagen Asbestfasern über die Abluft und Öffnungen des Shredders in den Arbeitsraum freigesetzt werden und damit das Bedienungspersonal und die Umwelt gefährden. Zum anderen werden Asbestfasern auf die Shredderoutputfraktionen verteilt, was zu einer Kontamination der Wertstofffraktionen führen kann.

5.3. Anforderungen an die Separierung von Geräten

Die Separierung asbesthaltiger Geräte im Recyclingbetrieb aus dem Abfallstrom und die Getrennthaltung sowie die spezifische Behandlung, ist - wie dargestellt - eine wesentliche Voraussetzung für die Sicherheit am Arbeitsplatz und Voraussetzung für eine hochwertige Verwertung der Wertstofffraktionen.

Verpflichtung des Recyclingbetriebes zur Aussortierung von möglicherweise asbesthaltigen Geräten

Generell ist es nicht einfach asbesthaltige Geräte im Abfallstrom zu erkennen und auszusortieren. Ein wesentlicher Anhaltspunkt ist das Alter des Gerätes. Dies verlässlich zu erkennen bedarf jedoch einer großen Erfahrung beim Behandlungspersonal, einer entsprechenden Schulung und eines sorgfältigen Vorsortierens. Dies gilt insbesondere für Kleingeräte, bei großen Geräten sind das Erkennen und die Separierung vergleichsweise einfach.

Bei Elektro- und Elektronikgeräten, die überwiegend in der Sammelgruppe 5 anfallen, sind grundsätzlich die Anforderungen der Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte ((2002/96/EG) für eine selektive Behandlung der Geräte zu beachten. Da für den Nachweis der ordnungsgemäßen Verwertung der erfassten Altgeräte ein Sortieraufwand erforderlich ist, wird ein weiterer Zusatzaufwand für eine Separierung asbesthaltiger Geräte grundsätzlich als zumutbar erachtet. Im Rahmen eines Qualitätsmanagements hat die behandelnde Anlage die entsprechenden Voraussetzungen für eine weitestgehende Aussortierung von asbesthaltigen Geräten sicherzustellen.

Gleichwohl wird eine vollständige Separierung aller asbesthaltigen Geräte, im Sinne einer hundertprozentigen Lösung, angesichts des zu erwartenden Konglomerats an unterschiedlichen Geräten in der Sammelgruppen 5 nicht zu leisten sein. Die asbesthaltigen Geräte sind zum einen schwer zu erkennen, eine Überprüfung des Typenschildes und des Baujahres ist praktisch nicht möglich. Ferner sind die Geräte durch die gemeinsame Sammlung in einen Container stark ineinander verhakt und über die Kabel verheddert, so dass die Entfernung sehr zeitaufwändig wird¹⁹.

Ausschleusen von asbesthaltigen Geräten

Um den Anteil asbesthaltiger Geräte im Abfallstrom Elektro(nik)altgeräte möglichst klein zu halten, wird angeregt zu prüfen, ob die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger eindeutig erkennbare asbesthaltige Geräte vor Ort getrennt erfassen können. Eine solche Vorgehensweise erfordert Personal, welches ausreichend fach- und sachkundig ist.

5.4. Anforderungen an die Beseitigung von asbesthaltigen Abfällen

Für die Entsorgung asbesthaltiger Geräte sind die Vorgaben aus dem LAGA-Merkblatt „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ zu beachten. Diese Vorgaben gelten sowohl für ganze, nicht schadstoffentfrachtete Geräte, als auch für entnommene asbesthaltige Bauteile und Asbestabfälle.

Transport, Lagerung und Anlieferung

Unabhängig von der Art der Beseitigung, ist bei der Lagerung, dem Transport und der Anlieferung von asbesthaltigen Abfällen sicher zu stellen, dass keine Fasern freigesetzt werden. Dies kann in den Fällen, wo vor Ort asbesthaltige Geräte separat erfasst werden, durch eine entsprechende Verpackung und einen vorsichtigen Umgang beim Be- und Entladen der Geräte sichergestellt werden. Geeignete Verpackungen für Geräte und Geräteteile sind z. B. gut verschließbare Kunststoffgewebesäcke (big-bags) oder überlappt verklebte PE-Kunststofffolien mit einer Mindeststärke von 0,4 mm.

Beseitigung

Grundsätzlich können asbesthaltige Abfälle durch thermische (verglasen), chemische (Flusssäurebehandlung) oder mechanische Verfahren (mahlen) zerstört werden. Eine Ablagerung kann auf einer zugelassenen Deponie, vorzugsweise Monodeponien, sowie Untertage erfolgen. Die Ablagerung auf einer Sonderabfalldeponie ist nicht vorgeschrieben.

Die Ablagerung auf der Deponie erfolgt in speziell für asbesthaltige Abfälle ausgewiesenen Bereichen. Die Ablagerung hat volumensparend, unter Vermeidung von Hohlräumen zu erfolgen. Nach dem Einbau sind die Bereiche so abzudecken, dass ein Austrag von Asbestfasern ausgeschlossen werden kann.

Die thermische Behandlung muss so erfolgen, dass die Fasern sicher zerstört oder in eine unschädliche Form umgewandelt werden.

- ❖ Bei der Verglasung werden die Abfälle bei 1400 °C geschmolzen und in ein unschädliches Glasgranulat umgewandelt.
- ❖ Bei der Wärmebehandlung in Drehrohöfen wird der Asbest bei 800 °C und ausreichenden Verweilzeiten in ein unschädliches Mineral umgewandelt.
- ❖ Die thermische Behandlung in der Müllverbrennung sollte wegen der geringen Verweilzeiten auf organische Abfälle und weitgehend aufgeschlossene Asbestfasern beschränkt werden. Die Behandlung ganzer Geräte oder gar von Großgeräten, z. B. in Müllverbrennungsanlagen ist unter technischen Gesichtspunkten problematisch. Die temperaturresistenten Asbestdichtungen und Asbestplatten werden durch eine unzureichende Verweildauer im Brennraum nicht vollständig zerstört und es besteht die Gefahr, dass die Schadstoffe in die Schlacke oder die Flugasche transferiert werden.

Der Asbestanteil in Abfällen sollte also mittels spezifischer Verfahren gezielt zerstört werden. Falls dies nicht möglich oder zumutbar ist, sollten die Abfälle untertägig oder in speziell dafür ausgewiesenen Deponiebereichen abgelagert werden. Für organische Asbestabfälle oder fasriges Material wird auch eine Beseitigung in einer Müllverbrennungsanlage empfohlen.

Kleingeräte sollten aus Gründen des Arbeitsschutzes als ganzes ohne vorherige Schadstoffentfrachtung ordnungsgemäß beseitigt werden. Bei Großgeräten erscheint eine vorherige Schadstoffentfrachtung in dafür zugelassen Unternehmen sinnvoll und wirtschaftlich, wegen der sehr geringen Stückzahl, auch zumutbar.

6. Zusammenfassende Empfehlungen

Bei einer mechanischen Behandlung asbesthaltiger Geräte in Shredderanlagen werden Asbestfasern stoßartig freigesetzt. Diese können über die Abluft die Gesundheit des Personals gefährden oder über Verschleppungen über den Luftpfad zu Verunreinigungen von Wertstoffen führen. Asbesthaltige Geräte sind daher vor einer maschinellen Behandlung, z. B. im Shredder, aus Arbeits- und Umweltschutzgründen aus dem Abfallstrom auszuschleusen und separat zu behandeln oder direkt zu beseitigen.

Die notwendige Ausschleusung könnte durch eine entsprechende Vorsortierung auf dem Gelände der Behandlungsanlage erfolgen. Ansatzweise wäre auch eine separate Erfassung vor Ort durch die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger denkbar. Dies könnte durch gezielte Informationen und Schulungen des Personals vor Ort durch die Hersteller und Betriebe der Entsorgungsunternehmen unterstützt werden.

Für die vollständige Ausschleusung asbesthaltiger Geräte vom erfassten Altgerätestrom und die ordnungsgemäße Behandlung dieser Geräte ist der behandelnde Betrieb verantwortlich. Dieser hat aus Umwelt- und Arbeitsschutzgründen sicherzustellen, dass asbesthaltige Geräte nicht gemeinsam mit dem übrigen Abfallstrom behandelt werden. Die Vorgehensweise kann durch ein Qualitätsmanagement dokumentiert werden. Im Übrigen wird empfohlen, nach Abschluss der vorzunehmenden Gefährdungsbeurteilung mit der zuständigen Stelle die getroffenen Maßnahmen für die Verhütung von Gefährdungen abzustimmen.

Asbesthaltige Geräte, insbesondere Kleingeräte, sollten entweder ordnungsgemäß beseitigt oder- dies gilt für Großgeräte - nach einer manuellen Schadstoffentfrachtung verwertet werden. Bei der direkten Beseitigung ohne Entnahme asbesthaltiger Bauteile sind die Vorgaben des LAGA Merkblatts „Entsorgung asbesthaltiger Materialien“ zu beachten. Im Falle der Schadstoffentfrachtung sind die Vorgaben der TRGS 519 und der BGI 664 zum Arbeitsschutz zu beachten. Unabhängig von der Art der Behandlung sind Schutzmaßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vorzunehmen.

Wegen des hohen Gefahrenpotenzials und der teilweise schlechten Zugänglichkeit von asbesthaltigen Bauteilen wird empfohlen, auf eine Schadstoffentfrachtung und Verwertung von Stoffen/Materialien bei Kleingeräten und komplex aufgebauten Großgeräten zu verzichten. Diese Geräte sollten bevorzugt unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften direkt und ohne Schadstoffentfrachtung beseitigt werden.

Asbesthaltige Großgeräte mit hohem Wertstoffanteil und leicht zugänglichen asbesthaltigen Bauteilen sollten unter Beachtung der einschlägigen Arbeitsschutzvorschriften schadstoffentfrachtet und anschließend einer Verwertung zugeführt werden. Es dürfen jedoch nur solche Geräte einer Verwertung zugeführt werden, die vollständig von Asbest befreit wurden.

Für die Beseitigung von asbesthaltigen Geräten, Bauteilen und Asbestabfällen kommen unterschiedliche Verfahren in Frage. Bei thermischen Verfahren ist eine vollständige Zerstörung der Fasern sicherzustellen. Dies ist bei der Verbrennung größerer Geräte oder Bauteile in der MVA meist nicht sicherzustellen, hier sind spezielle Verfahren zur Verglasung oder thermischen Umwandlung erforderlich.

Alternativ ist die Beseitigung auf unter- oder obertägigen Deponien möglich. Hier ist durch entsprechende Verfahren (Verpackung, Verfestigung oder Abdeckung) sicherzustellen, dass keine Fasern freigesetzt werden. Details sind im LAGA-Merkblatt „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ festgelegt.

Zitate und verwendete Literatur:

- ¹ Asbest, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2004
- ² Gefahrstoffverordnung (BGBI. I, 1993, S. 1782); Chemikalien-Verbotsverordnung (BGBI. I, 1993, S. 1720)
- ³ Vgl. z. B.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Leitfaden für die Behandlung von Elektro- und Elektronikgeräten, Wien, 1999
- ⁴ <http://www.chrysotile.com/en/chrysotile/products/default.aspx>
- ⁵ Weitere Information zu Stoffverboten sind zu finden auf der Seite: <http://www.asbestopfer.ch/0189fc92090cef34e/0189fc920c1357b06/0189fc93580b9c403/index.html>
- ⁶ Persönliche Mitteilung, Hornberger, FhG-IPA, 20.10.2006
- ⁷ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Leitfaden für die Behandlung von Elektro- und Elektronikgeräten, Wien, 1999, S. 143
- ⁸ Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stand der Technik bei Verwertung von Elektro(nik)altgeräten, Stuttgart, 2002
- ⁹ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Technische Anforderungen zur Entsorgung von Elektro-Altgeräten sowie zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Elektro-Altgeräten (EAG-Richtlinie), 2004
- ¹⁰ Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 31, Technische Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten, Elektro-Altgeräte-Merkblatt, (EAG-Merkblatt), Überarbeitung Endfassung vom 24.03.04
- ¹¹ Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 23, Entsorgung asbesthaltiger Abfälle, 2001
- ¹² Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 23. Dezember 2004, BGBG.I, S. 3855
- ¹³ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (baua), Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe, Dortmund, März 2006
- ¹⁴ Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Technische Regel Gefahrstoffe Nr. 519, Asbest, Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, September 2001
- ¹⁵ Berufsgenossenschaft, berufsgenossenschaftliche Information BGI 664 „Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“
- ¹⁶ Asbest-Information, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU), 2004
- ¹⁷ Kommission der Niedersächsischen Landesregierung zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen, Abschlussbericht des AK 12 „Elektronikschrott“, Hannover, 1998
- ¹⁸ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (baua), Stoffbelastung beim Elektronikschrott-Recycling GA 56, Dortmund/Berlin 2001
- ¹⁹ Mündliche Mitteilung eines verantwortlichen Mitarbeiters in ein Recyclingbetrieb, 24.10.2006