



# Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis

Elektronikschrottreycling – Tätigkeiten mit  
Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung  
von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten

**baua:**  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin



Baden-Württemberg

**BG ETEM**  
Energie Textil Elektro  
Medienerzeugnisse



SACHSEN-ANHALT



# **Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis**

Elektronikschrottreycling – Tätigkeiten mit  
Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung  
von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten

## **Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Elektronikschrottreycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“**

Die Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis wurde von der Arbeitsgruppe Elektronikschrottreycling auf Basis der LASI/ALMA-Empfehlungen LV 27 erstellt.

Herausgeber: Regierungspräsidium Kassel  
Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe  
Ludwig-Mond-Strasse 33  
D-34121 Kassel  
[www.rp-kassel.de](http://www.rp-kassel.de)

Redaktion: Arbeitsgruppe „Elektronikschrottreycling“  
Dipl.-Ing. Jürgen Wehde (Vorsitz)  
Regierungspräsidium Kassel  
Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe  
Ludwig-Mond-Straße 33  
34121 Kassel  
  
Dr. Ralph Hebisch  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25  
44149 Dortmund  
  
Dipl.-Ing. Gerhard Ott  
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz  
Baden-Württemberg  
Hertzstraße 173  
76187 Karlsruhe  
  
Dr. Claus-Peter Maschmeier  
Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt  
Fachbereich Arbeitsschutz  
Kühnauer Straße 70  
06815 Dessau-Roßlau  
  
Dipl.-Ing. Dirk Fendler  
BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BGETEM)  
Fachbereich Gefahrstoffe  
Gustav-Heinemann-Ufer 130  
50968 Köln

Titelbild: Regierungspräsidium Kassel

Stand: Mai 2011

Inhalt

	<b>Vorbemerkung</b> .....	6
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Anwendungsbereich</b> .....	9
<b>3</b>	<b>Informationsermittlung</b> .....	10
<b>3.1</b>	<b>Arbeitsverfahren und Tätigkeiten</b> .....	10
<b>3.2</b>	<b>Gefahrstoffe</b> .....	10
<b>4</b>	<b>Ermittlung und Beurteilung der Exposition</b> .....	13
<b>4.1</b>	<b>Ergebnisse der Expositionsmessungen</b> .....	13
<b>4.2</b>	<b>Bewertung der Gefahrstoffexposition</b> .....	14
<b>5</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b> .....	15
<b>5.1</b>	<b>Allgemeine Anforderungen an Demontagearbeitsplätze</b> .....	15
5.1.1	Demontage.....	15
5.1.2	Arbeitsplatzreinigung.....	15
5.1.3	Organisatorische Maßnahmen.....	15
5.1.4	Hygiene.....	16
<b>5.2</b>	<b>Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei der Demontage von Bildröhrengeräten</b> .....	17
<b>5.4</b>	<b>Instandhaltungsarbeiten</b> .....	19
<b>5.5</b>	<b>Maßnahmen zum Schutz der Haut</b> .....	19
<b>5.6</b>	<b>Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz</b> .....	20
<b>6</b>	<b>Wirksamkeitsprüfung</b> .....	20
<b>7</b>	<b>Anwendungshinweise</b> .....	20
<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	21

Anhang

- Anhang 1: Gefahrstoffe an Demontagearbeitsplätzen, Arbeitsplatzgrenzwerte und andere Beurteilungsmaßstäbe
- Anhang 2: Expositionsmessungen LV 27 / BGIA 1037 (4/2002)
- Anhang 3: Expositionsmessungen 2008/2009
- Anhang 4: Muster für ein „Verzeichnis der Beschäftigten über Tätigkeiten mit krebserzeugenden, mutagenen oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen“ gemäß § 14 Abs. 3 GefStoffV

## Vorbemerkung

2002 wurde vom Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) die Empfehlung „Manuelle Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“ veröffentlicht [1] (inhaltlich identisch mit der BG/BIA-Empfehlung Nr. 1037 [2]). Diese Empfehlung wurde von den gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, der Zentralstelle für Arbeitsschutz Kassel im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin erarbeitet. Im Rahmen des Untersuchungsprogramms 1998-2001 wurden in zahlreichen gewerblichen Betrieben des Elektro-/Elektronikschrottrecyclings umfangreiche Arbeitsplatzmessungen bei der Demontage von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten durchgeführt. Von den Erhebungen ausgenommen waren Werkstätten für behinderte Menschen (WfbM).

2009 wurde unter Federführung der Ländermessstellen Hessen, Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt unter Beteiligung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der BG Energie, Textil, Elektro, Medienerzeugnisse (BG ETEM) eine erneute Erhebung an gewerblichen Arbeitsplätzen des Elektro-/Elektronikschrottrecyclings durchgeführt. Ziel dieser Erhebung war es, zu klären, ob sich die Expositionssituation gegenüber Gefahrstoffen für die Beschäftigten und der Arbeitsschutzstandard seit 2002 verändert haben.

Die Auswertung der Messwerte zeigte, dass sich die aktuellen Ergebnisse mit denen aus 1998-2001 in ihrer Größenordnung decken. In die vorliegende aktualisierte Handlungsanleitung sind daher sowohl die früheren Ergebnisse als auch die aus 2009 eingeflossen.

Die **Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis** „Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“ ist eine branchenspezifische Hilfestellung zur Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen und für die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in Betrieben, die Demontearbeiten von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten der Unterhaltungs- und Haushaltselektronik, Datenverarbeitung und Bürotechnik bzw. deren zugehörigen Baugruppen durchführen.

## 1 Allgemeines

Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach §5 Arbeitsschutzgesetz (Gefährdungsbeurteilung) hat der Arbeitgeber nach §6 Gefahrstoffverordnung festzustellen, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben oder ob bei den Tätigkeiten Gefahrstoffe entstehen oder freigesetzt werden können. Ist dies der Fall, muss er eine Gefährdungsbeurteilung erstellen und Schutzmaßnahmen festlegen. Hierzu kann die TRGS 400 [3] heran gezogen werden.

Diese Handlungsanleitung unterstützt den Arbeitgeber bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach §6 Gefahrstoffverordnung und Wirksamkeitsprüfung von Schutzmaßnahmen. Die weiteren Anforderungen an die Gefährdungsbeurteilung nach §5 Arbeitsschutzgesetz bleiben bestehen.

Bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen ist die Rangfolge Substitution (Ersatz durch weniger gefährliche Verfahren), technische, organisatorische, hygienische und personengetragene Maßnahmen zur Minimierung der Belastungen einzuhalten. Mit dieser Handlungsanleitung werden die Schutzmaßnahmen für die manuelle Gefahrstoffentfrachtung und manuelle Demontage von Bildschirm- und anderen Elektrokleingeräten aus der Sammelgruppe 3 und 5 (Elektro- und Elektronikgerätesgesetz [4]) nach dem Stand der Technik beschrieben.

Die Schutzmaßnahmen wurden auf der Grundlage von Arbeitsplatzmessungen nach der TRGS 402 [5] bzw. der Bewertung des Hautkontaktes nach TRGS 401 [6] abgeleitet. Bei ihrer Anwendung kann von einer Einhaltung des Allgemeinen Staubgrenzwertes nach TRGS 900 [7] und Anhang I Nr. 2.3 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung und von Beurteilungsmaßstäben für weitere Staubinhaltsstoffe ausgegangen werden. Weitere mögliche Gefährdungen durch Hautkontakt, durch die orale Aufnahme von Gefahrstoffen sowie durch Brand- und Explosionsgefahren werden minimiert.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Stoffen (CMR-Stoffen) auch nach Umsetzung der notwendigen Schutzmaßnahmen ein gesundheitliches Restrisiko bestehen bleibt.

Um die dauerhafte Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen sicherzustellen, müssen diese regelmäßig überprüft werden. Dies kann mit Hilfe dieser Handlungsanleitung erfolgen. Arbeitsplatzmessungen sind dann im Regelfall (mit Ausnahme von Cadmium) nicht erforderlich.

Nach §9 Abs. 9 ElektroG [4] ist „die Sammlung und Rücknahme von Altgeräten durch öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, Vertreiber und Hersteller so durchzuführen, dass eine spätere Wiederverwendung, Demontage und Verwertung, insbesondere stoffliche Verwertung, nicht behindert werden“.

Hierzu zählen die Bereitstellung geeigneter Behälter für Sammlung und Transport sowie ggf. eine Sicherung der Ladung beim Transport. Die Sammelbehälter sind so zu befüllen, dass eine Beschädigung der Geräte durch Implosion der Bildröhren oder Zerstörung quecksilberhaltiger Bauteile vermieden wird. Insbesondere ist eine Beschädigung zerbrechlicher Teile aus Fernsehgeräten, Monitoren, LCD-Flachbildschirme auszuschließen.

Die Betriebsbereiche der Sammelstellen, die zur Zwischenlagerung von Elektro-/Elektronikschrott bis zum Transport zu den Recyclingbetrieben dienen, sind gegen

unbefugtes Betreten zu sichern (Vermeidung der Beraubung, d.h. dem Ausbau von Bauteilen mit Zerstörung der Altgeräte).

Zusätzliche Beeinträchtigungen der Geräte durch Umladung in andere Behälter sind zu vermeiden. Das Verdichten von Sammelbehältern mit Radladern oder die Entladung der Sammelbehälter durch Auskippen ist unzulässig.

Weitere Details zur Sammlung und Abholung können der LAGA-Mitteilung 31 [8] oder der VDI 2343, Blatt 2 [9] entnommen werden.



## 2 Anwendungsbereich

In der vorliegenden Handlungsanleitung werden die Kriterien für die Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten und weiteren Beurteilungsmaßstäben für die inhalative Exposition am Arbeitsplatz beschrieben.

Zusätzliche Gefährdungen durch dermale Exposition (Hautkontakt), orale Aufnahme von Gefahrstoffen sowie Brand- und Explosionsgefahren werden berücksichtigt.

Diese Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis gilt für Betriebe, in denen

- Bildschirmgeräte, z.B. TV-Geräte (Röhrengeräte, LCD-Displays), Computermonitore, Oszillographen etc.) sowie andere Elektrokleingeräte (z.B. Telefone, Computer, Staubsauger, Unterhaltungselektronik) bereitgestellt und unter Verwendung von Handwerkzeugen demontiert,
- Bildröhren belüftet und
- schadstoffhaltige Bauteile entfernt werden.

Sie gilt nicht für Arbeitsbereiche zur Zerlegung von

- Geräten, bei denen besondere Gefährdungen chemischer, biologischer oder radioaktiver Natur, auftreten können. Dies kann bei Geräten der Fall sein, die z.B. in der chemischen Industrie, Medizin, Halbleiterfertigung in Galvanikanlagen oder kerntechnischen Anlagen eingesetzt wurden
- quecksilberhaltigen Entladungslampen wie Leuchtstoffröhren oder Energiesparlampen
- Bildröhren (einschließlich der Entfernung der Leuchtschicht)
- asbesthaltigen Geräten wie Nachtspeicheröfen oder Geräten aus Havarien (z. B. Brandschäden)
- größeren Geräten der „weißen Ware“ (z.B. Kühlgeräte, Waschmaschinen, Herde)
- kompletten Geräten oder aus Elektro- und Elektronik-Geräten gewonnene Materialien, die bis zur Rohstoffebene weiterverarbeitet werden (z.B. Shreddern).

### **3 Informationsermittlung**

#### **3.1 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten**

Jährlich fallen in der Bundesrepublik Deutschland rund 2 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikschrott an. Darin sind rund 5 Millionen Bildröhren enthalten. Seit in Kraft treten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG [10]) unterliegen die Hersteller und Vertrieber von Elektrogeräten dem Verwertungsgebot. Altgeräte werden zerlegt, in Wertstofffraktionen getrennt und zur weiteren Verwertung in den Wirtschaftskreislauf zurück geführt.

Der Ablauf der Zerlegung des angelieferten Materials gliedert sich in der Regel in folgende Schritte:

- Bereitstellung
- grobe Vorsortierung des angelieferten Materials
- Öffnen der Geräte
- bei Bildröhrengeräten Belüften der Bildröhren
- Entfernung gefahrstoffhaltiger Bauteile; hierzu zählen u.a.
  - Kondensatoren, Batterien, Akkus,
  - quecksilberhaltige Bauteile wie Schalter oder Lampen für die Hintergrundbeleuchtung von TV-Geräten,
  - Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln (soweit diese erkannt werden)
  - asbesthaltige Bauteile in Haushaltskleingeräten (Toaster, Fön, Bügeleisen etc.)
- Manuelle Zerlegung und Separierung der Geräte in einzelne Fraktionen (beispielsweise Gehäuse, Leiterplatten, Steuerungselektronik, elektrische Kabel, Gasentladungslampen) und ggf. weitere Zerlegung der Baugruppen
- Entsorgung der entfernten gefahrstoffbelasteten Teile und Bereitstellung der wertstoffhaltigen Fraktionen zur stofflichen Verwertung.

#### **3.2 Gefahrstoffe**

Durch unsachgemäße Behandlung bzw. Beschädigung von Geräten oder einzelnen Bauteilen bei der Sammlung, dem Transport, dem Abladen oder der Demontage können Gefahrstoffe freigesetzt werden und zur Exposition von Beschäftigten führen. Hier sind insbesondere Bildschirmgeräte mit zerbrochenen Bildröhren (cadmiumhaltige Leuchtschicht), schadhafte Kondensatoren (PCB) oder quecksilberhaltige Bauteile zu erwähnen. Bei der Zusammenlagerung und dem Transport von wenig belasteten Geräten mit stark verschmutzten Geräten bzw. Geräten, die defekte Bauteile enthalten, besteht die Gefahr, dass auch diese kontaminiert werden.

Im Verlauf der Gerätebetriebszeit lagert sich im Innern der Geräte Staub ab. Dieser kann mit Gefahrstoffen belastet sein und beim Öffnen bzw. beim Demontieren der Geräte freigesetzt werden.



Abb.1: Demontagearbeitsplätze (Quelle: RP Kassel)

Bei den Demontagearbeiten an den Geräten ist somit eine Gefahrstoffaufnahme über die Atemwege, die Haut und den Mund möglich (dermale, inhalative und orale Aufnahme). Bei den Demontagearbeiten kann eine Vielzahl verschiedener Gefahrstoffe freigesetzt werden. Vorkommen und Gefährdungspotenzial ausgewählter Stoffe sind nachfolgend beschrieben.

- Azobenzole können in LC-Displays enthalten sein. Einige Azobenzole und andere Azoverbindungen sind als krebserzeugend eingestuft. Der Hautkontakt muss vermieden werden.
- Beryllium findet u.a. als Legierungsbestandteil (z.B. in Kollektoren und mechanischen Bauteilen) Verwendung. Beryllium kann sensibilisierend wirken, erzeugt granulomere Hautveränderungen und ist, wie seine Verbindungen, krebserzeugend Kategorie 2.
- Blei ist Bestandteil des Bildröhrenglases (Hals- und Konusglas) und wird zur Verbindung des Front- und Konusglases in Form von Glaslot eingesetzt. Weiterhin ist es in Weichloten enthalten. Bleiverbindungen wirken beim Menschen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) und beeinträchtigen möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit des Menschen. Auch bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes kann eine Fruchtschädigung bei Exposition Schwangerer nicht ausgeschlossen werden. Bleiverbindungen können sich im Körper anreichern und dadurch in besonderer Weise auf ihn einwirken.
- Cadmium befindet sich in Akkumulatoren, Weichloten, Platinen und in Form von Cadmiumsulfid in der Leuchtschicht, die auf der Innenseite des Frontglases von Bildröhren aufgebracht ist. Cadmium und seine Verbindungen sind krebserzeugend und giftig beim Einatmen und Verschlucken. Cadmiumverbindungen können sich im Körper anreichern und dadurch in besonderer Weise auf ihn einwirken.
- Cobalt kann in Farbstoffen und Lackierungen vorkommen. Cobalt kann sensibilisierend wirken.

- 
- Nickel kommt u.a. in Leiterplatten, Thermoelementen, Akkumulatoren und in den Lochmasken von Bildröhren vor. Nickel kann sensibilisierend wirken und ist wie seine Verbindungen krebserzeugend.
  - Polychlorierte Biphenyle (PCB) können in Kondensatoren enthalten sein. Sie sind gesundheitsschädlich und möglicherweise krebserzeugend. Sie werden auch über die Haut aufgenommen. PCB wirken fruchtschädigend (entwicklungsschädigend). Im Tierversuch wurde eine Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit nachgewiesen. In der TRGS 900 sind Arbeitsplatzgrenzwerte je nach Chlorgehalt zwischen 0,7 und 1,1 mg/m<sup>3</sup> angegeben. Auch bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes kann eine Fruchtschädigung bei der Exposition Schwangerer nicht ausgeschlossen werden. PCB können sich im Körper anreichern und dadurch in besonderer Weise auf ihn einwirken.
  - Quecksilber kann z.B. in Schaltern und Beleuchtungsröhren von LCD-Bildschirmen oder Scannern enthalten sein. Quecksilber ist sehr giftig beim Einatmen und kann sich im Körper anreichern. Es wurde als reproduktionstoxisch in die Kategorie 2 eingestuft.
  - Yttrium kann in der Leuchtschicht der Bildröhren enthalten sein. Eine reizende Wirkung von Yttriumverbindungen ist nicht auszuschließen.
  - Staub, der keine Gefahrstoffe als Inhaltsstoffe enthält, kann bei der Zerlegung der Geräte freigesetzt werden. Es ist mit unspezifischen Wirkungen auf die Atmungsorgane zu rechnen.

## 4 Ermittlung und Beurteilung der Exposition

Die Ermittlungen der Exposition gegenüber Stäuben und Staubinhaltsstoffen erfolgten nach der TRGS 402 [5] unter Heranziehung geeigneter und veröffentlichter anerkannter Messverfahren. Die Elementbestimmung erfolgte jeweils in der einatembaren Staubfraktion (E-Staub). Parallel zu diesen messtechnischen Ermittlungen wurde der Stand der angetroffenen Demontagetechniken und der Arbeitsschutzmaßnahmen dokumentiert.

Auf die separate messtechnische Ermittlung von verfahrensbedingt auftretenden Expositionsspitzen im Sinne der TRGS 402 wurde bei den durchgeführten betrieblichen Messungen verzichtet, da diese im Hinblick auf den weitgehend kontinuierlichen Arbeitsablauf ohne Relevanz sind.

Die Arbeitsplatzgrenzwerte und weitere Beurteilungsmaßstäbe sind in Anhang 1, die Tabellen mit den Messergebnissen (Schichtmittelwerte, 50 und 95-Perzentile) in den Anhängen 2 und 3 dargestellt.

### 4.1 Ergebnisse der Expositionsmessungen

Wie die Auswertung des vorliegenden Datenkollektivs zeigt, kommt der Vermeidung der Staubexposition an den Demontagearbeitsplätzen eine zentrale Bedeutung zu. In der nachfolgenden Diskussion der Messergebnisse wird dementsprechend zwischen Betrieben unterschieden, die bereits eine Vorreinigung für die Altgeräte in den Arbeitsablauf integriert haben und solchen, die diese noch nicht eingeführt haben.

Die Auswertung der Messwerte zeigte, dass sich die aktuellen Ergebnisse aus 2009 mit denen aus 1998-2001 in ihrer Größenordnung decken. Ein Rückgang der Gefahrstoffbelastung kann dementsprechend auch nicht festgestellt werden.

#### **Einatembarer und alveolengängiger Staub (E- bzw. A-Staub)**

In Betrieben, in denen eine Vorreinigung der Geräte durchgeführt wurde, konnten weder bei der einatembaren noch bei der alveolengängigen Staubfraktion Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden (siehe Tabellen 1 - 5 im Anhang 2).

Ein Vergleich mit der Staubbelastung an Arbeitsplätzen ohne Vorreinigung der Geräte zeigt, dass dort die Belastungen höher sind und auch einzelne Grenzwertüberschreitungen beim E-Staub auftraten (Tabelle 7).

Die Ergebnisse der 2009 durchgeführten Messungen bestätigten diese Aussage (Tabelle 10 im Anhang 3).

#### **Schwermetalle im Einatembaren Staub (E-Staub)**

Die im Rahmen der Expositionsmessungen gesammelten E-Staubproben wurden auf ihren Schwermetallgehalt analysiert. Die Auswertung des vorliegenden Datenkollektivs zeigte, dass insbesondere Cadmium und Blei einen relevanten Beitrag zur Exposition leisten.

Die Bleibelastung ist nach Auswertung des Datenkollektivs aus dem Zeitraum 1998-2001 in Betrieben, die die Geräte vorgereinigt hatten, geringfügig niedriger als in Betrieben, die die Geräte ungereinigt demontierten. Die Bleikonzentrationen bewegten sich im Bereich  $<0,001$  bis maximal  $0,06 \text{ mg/m}^3$ . Der Grenzwert von  $0,1 \text{ mg/m}^3$  (TRGS 505) wurde an allen Arbeitsplätzen eingehalten.

Die Cadmiumkonzentrationen lagen für das Kollektiv aus 1998-2001 in Betrieben mit Vorreinigung der Geräte im Bereich  $<0,001 - 0,01 \text{ mg/m}^3$  ( $<1 - 10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ), in Betrieben ohne Vorreinigung im Bereich  $<0,001 - 0,055 \text{ mg/m}^3$ .

Bei Beurteilung der 95-Perzentilwerte mit dem vom IFA (vormals BGIA) bekanntgegebenem Spezifischen Arbeitsplatzrisiko für Cadmium [14] ergibt sich i. d. R. eine Überschreitung der Konzentration beim Akzeptanzrisiko ( $0,0002 - 0,0006 \text{ mg/m}^3$ ).

Die Nickelkonzentrationen (95-Perzentil) lagen im Bereich  $0,0001$  bis  $0,01 \text{ mg/m}^3$ . Es kann damit von einer Unterschreitung des Beurteilungsmaßstabes (Konzentration beim Akzeptanzrisiko:  $10,3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) ausgegangen werden.

Expositionen gegenüber Quecksilber am Arbeitsplatz sind dann von Relevanz, wenn quecksilberhaltige Bauteile beschädigt sind bzw. bei der Demontage beschädigt werden und Quecksilber austreten kann. Jeder einzelne zerbrochene Quecksilberschalter oder jede zerbrochene quecksilberhaltige Kapillare aus einem LCD-Bildschirm kann zu einer Arbeitsplatzbelastung führen, die über dem Arbeitsplatzgrenzwert liegt.

## 4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Die Auswertung des vorliegenden Datenkollektivs zeigte, dass von der Vielzahl der auftretenden Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz insbesondere Staub, Cadmium und Blei einen relevanten Beitrag zur Exposition leisten können. Quecksilber ist dann von Bedeutung, wenn defekte quecksilberhaltige Bauteile am Arbeitsplatz auftreten.

Die Höhe der Exposition kann von verschiedenen Parametern beeinflusst werden (u.a. Anteil angelieferter zerstörter Geräte, Alter und Verschmutzungsgrad der Geräte, Gerätedurchsatz am Arbeitsplatz, Art und Gestaltung der Schutztechnik, individuelle Arbeitsweise). Diese Heterogenität macht es schwierig, die Bedeutung einzelner Einflussfaktoren auf die Höhe der gemessenen Gefahrstoffkonzentrationen in der Luft statistisch sicher zu belegen. Die Auswertung zeigt jedoch, dass nach einer Vorreinigung von Bildschirm- und anderen Geräten, z.B. in geschlossenen Reinigungskabinen, bei der sich anschließenden Demontage ein insgesamt niedrigeres Expositionsniveau zu beobachten ist.

Wenn sichergestellt wird, dass die Anlieferung der Geräte zerstörungsfrei erfolgt, die Staubbefreiung durch staubarme Arbeitstechniken bei entsprechender Arbeitsorganisation vermieden sowie gefahrstoffhaltige Bauteile sachgerecht ausgebaut werden, kann unter Berücksichtigung der in Nr. 5 beschriebenen Schutzmaßnahmen davon ausgegangen werden, dass der

- Allgemeinen Staubgrenzwert (E- und A-Staub) und die
- Beurteilungsmaßstäbe für die Staubinhaltsstoffe Blei, Quecksilber, Beryllium, Nickel und Cobalt

eingehalten werden können.

Für Cadmium kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die aus den Krebsrisikozahlen abgeleitete Konzentration beim Akzeptanzrisiko eingehalten wird.

Werden in der Bekanntmachung BekGS 910 [15] für die krebserzeugenden Stoffe Cadmium und Nickel Expositions-Risiko-Beziehungen (ERB) veröffentlicht, muss eine Neubewertung der Messergebnisse erfolgen.

## 5 Schutzmaßnahmen

Grundsätzlich sind die in der TRGS 500 [16] beschriebenen allgemeinen arbeitshygienischen Grundsätze zu beachten.

Nachfolgend sind die Anforderungen an alle Arbeitsplätze zur Demontage von Elektrogeräten aufgeführt. Bei der Demontage von Bildröhrengeräten sowie Geräten mit quecksilberhaltigen Beleuchtungsröhren sind die unter 5.2 bzw. 5.3 aufgeführten Anforderungen zusätzlich zu erfüllen.

### 5.1 Allgemeine Anforderungen an Demontearbeitsplätze

#### 5.1.1 Demontage

Die Freisetzung von Gefahrstoffen muss durch zerstörungsfreie Demontagetechniken weitestgehend verhindert werden. Insbesondere sind

- Hämmer als Zerlegungswerkzeug nur dort einzusetzen, wo eine Zerlegung auf andere Art nicht möglich ist, und
- Elektroschrauber anstelle pneumatisch betriebener Schrauber zu verwenden (Vermeidung der Staubaufwirbelung).

Um Geräte nicht zu zerstören sind diese nicht zu werfen, sondern abzulegen.

Gefahrstoffhaltige Bauteile wie PCB-haltige Kondensatoren, quecksilberhaltige Schalter, asbesthaltige Teile oder Hintergrundbeleuchtungen sind nach dem Ausbau jeweils separat und so zu lagern, dass keine Gefahrstoffe in Arbeitsbereiche austreten können. Hierfür eignen sich z. B. verschließbare Kunststoffbehälter (ggf. mit einem reißfesten Kunststoffsack oder mit Absorptionsmitteln ausgestattet).

Unbeschädigte gefahrstoffhaltige Bauteile sind spätestens zum Ende der jeweiligen Arbeitsschicht, defekte und potenziell Gefahrstoff emittierende Bauteile sind zeitnah in entsprechend gekennzeichnete Behälter einzulagern. Die Behälter sind in verschließbare Bereiche außerhalb des Arbeitsbereichs bis zum Abtransport zur Entsorgungsanlage zu lagern. Um Expositionen beim Öffnen der Behälter zu vermeiden, können die Behälterdeckel z.B. mit einer Einwurfoffnung ausgestattet werden.

An Demontearbeitsplätzen müssen zur Vermeidung von Augenverletzungen Schutzbrillen getragen werden.

#### 5.1.2 Arbeitsplatzreinigung

Die Arbeitsplätze und Arbeitsbereiche sind regelmäßig mittels staubarmer Verfahren zu reinigen. Arbeitsplätze, wie Tische oder Fußböden sind mindestens einmal täglich mit einem Industriestaubsauger der Kategorie H [17], große Hallenböden mit geeigneten Kehrsaugmaschinen zu reinigen.

Das Reinigen des Arbeitsbereichs durch Kehren ohne Staub bindende Maßnahmen oder Abblasen von Staubablagerungen mit Druckluft ist grundsätzlich nicht zulässig (Anhang I Nr. 2 Gefahrstoffverordnung).

#### 5.1.3 Organisatorische Maßnahmen

Es sind tätigkeitsbezogene Verfahrensanweisungen (einschließlich der Wartung, des regelmäßigen Wechsels und der Entsorgung der Filter der Reinigungskabine und

Sauggeräten) sowie Betriebsanweisungen in verständlicher Form und Sprache gemäß TRGS 555 [18] zu erstellen.

Die Beschäftigten müssen an Hand der Verfahrens- und Betriebsanweisungen erstmalig vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach regelmäßig, mindestens einmal jährlich über die Tätigkeiten mit Gefahrstoffen unterwiesen werden. Hierbei ist auch auf die schonende Zerlegung der Altgeräte (insbesondere bei LCD-Bildschirmgeräten) und das Erkennen gefahrstoffbelasteter Bauteile (z.B. quecksilberhaltige Bauteile, PCB-haltige Kondensatoren, Asbest) und deren sachgerechte Handhabung einzugehen (Qualifizierung der Beschäftigten).

Es sind Maßnahmen festzulegen, die beim Austreten von Gefahrstoffen eine Gesundheitsgefährdung verhindern. Hierzu zählt das Absperrren/Kennzeichnen der Unfallstelle, Aufbringen geeigneter Absorber in ausreichender Menge (z.B. Zinkstaub für Quecksilber), die sachgerechte Entsorgung und die persönliche Hygiene.

Der Eintrag von Gefahrstoffen aus anderen Arbeitsbereichen, auch durch Flurförderfahrzeuge, ist zu vermeiden (z.B. durch räumliche Trennung von Arbeitsbereichen).

Es müssen geeignete Hebe- und Transporthilfen verwendet werden.

Wegen der krebserzeugenden Wirkung von Cadmium und der fruchtschädigenden Wirkung von Blei dürfen werdende Mütter nach § 5, Absatz 1 der Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz an diesen Arbeitsplätzen nicht beschäftigt werden.

Über die Beschäftigten muss gemäß § 14 Abs. 3 Ziffer 3 und 4 der GefStoffV ein Verzeichnis über die Höhe und Dauer der Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen (u.a. Cadmium, Nickel) geführt werden. Dieses Verzeichnis ist regelmäßig zu aktualisieren und 40 Jahre nach Ende der Exposition aufzubewahren (Muster s. Anhang 4).

#### 5.1.4 Hygiene

An den Arbeitsplätzen ist das strikte Rauch-, Ess- und Trinkverbot einzuhalten, um eine orale Aufnahme von Gefahrstoffen zu vermeiden.

Gemäß §9 GefStoffV sind Waschräume sowie Räume mit getrennten Aufbewahrungsmöglichkeiten für Straßen- und Arbeitskleidung zur Verfügung zu stellen. Die Arbeitskleidung muss durch den Unternehmer gereinigt und in Stand gehalten werden.

Es müssen geeignete Sanitär- und Sozialeinrichtungen zur Verfügung stehen.



## 5.2 Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei der Demontage von Bildröhrengeräten

Bei der Demontage von Bildröhrengeräten sind neben den Maßnahmen der Nr. 5.1 die nachfolgenden Maßnahmen zusätzlich zu beachten.

Bildröhrengeräte sind vor der Demontage von außen und innen zu reinigen. Dazu ist die Rückwandverkleidung abzunehmen und die Geräte sind in einer geschlossenen Reinigungskabine mit Druckluft außen und innen abzublasen.

Erfahrungsgemäß werden in Einzelfällen Bildröhrengeräte auch mit zerstörter Bildröhre angeliefert. Diese dürfen nicht abgeblasen werden, sondern sind mit einem Industriestaubsauger (Kategorie H) zu reinigen.

Die Belüftung von Bildröhren muss in einer Reinigungskabine durch das Einschlagen eines Schraubendrehers in den Anodenanschluss erfolgen. Die Belüftung durch das Abschlagen des Hochspannungsanschlusses an der Bildröhre ist unzulässig.

Die Reinigungskabine muss in den Arbeitsablauf integriert sein und die nachfolgenden technischen Anforderungen erfüllen:

- Die Reinigungskabine muss an eine Ablufführung angeschlossen sein. Das Austreten von gefahrstoffbelasteten Stäuben während des Reinigungsvorgangs muss verhindert werden.
- Die Absaugung der ausgeblasenen Stäube aus der Reinigungskabine muss über ein ausreichend leistungsstarkes Absauggerät mit geeignetem Filter verfügen und grundsätzlich im Fortluftbetrieb genutzt werden. Die Leistung des Absauggeräts ist so auszulegen, dass sie den Anforderungen der DIN EN 14175 [19] bzw. der DIN EN 25412 genügt [20]. Aus Gründen der Energieeinsparung sollte das Absauggerät nur während der Reinigung und mit einer entsprechenden Nachlaufzeit betrieben werden.
- Sofern die Rückführung gereinigter Abluft in den Arbeitsbereich nicht zu vermeiden ist (Umluftbetrieb) sind die Anforderungen der TRGS 560 [21] zu beachten.
- Bei Verwendung einer Druckluftpistole erfolgt deren Handhabung in der Regel über entsprechende Eingriffsöffnungen in der Kabine (Verwendung von eng anliegenden Ärmelstulpen zur Vermeidung des Hautkontaktes).
- Es muss eine Druckluftverriegelung existieren, die den Betrieb der Druckluft nur bei geschlossener Kabine ermöglicht und einen ausreichenden Nachlauf nach dem Drucklufteinsatz gewährleistet (mindestens 30 Sekunden).
- Die Kabine muss einen mechanischen Splitterschutz gewährleisten.

Demontierte Bildröhren, die für das Mischglasrecycling vorgesehen sind, sind in die entsprechenden Sammelcontainer abzulegen und nicht zu werfen.

Damit die Arbeitsoberflächen (Tische) leicht zu reinigen sind, müssen diese mit glatter Oberfläche und umlaufendem Rand versehen sein (ausgenommen Tische mit Gitterrost und integrierter Ablufführung).

Der Fußboden des Arbeitsbereichs muss so beschaffen sein, dass freiwerdende Stoffe erkannt und vollständig beseitigt werden können (z.B. Quecksilber). Weiterhin muss der Boden leicht zu reinigen sein.



Abb.2: Reinigungsarbeiten in der Reinigungskabine (Quelle: RP Kassel)

### 5.3 Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei der Demontage von Geräten mit quecksilberhaltigen Leuchtgeräten

Bei der Demontage von Geräten, die quecksilberhaltige Leuchtgeräten enthalten, sind neben den Maßnahmen der Nr. 5.1 die nachfolgenden Maßnahmen zusätzlich zu beachten.

LCD-Fernsehgeräte- und -monitore sowie weitere Geräte mit Hintergrundbeleuchtung (z.B. Scanner, tragbare PC's) können quecksilberhaltige Leuchtgeräten (Glaskapillaren) enthalten. Bei unsachgemäßer Behandlung (Anlieferung, Transport, Entfernung der Leuchtgeräten) können diese zerstört werden und Quecksilber freisetzen.

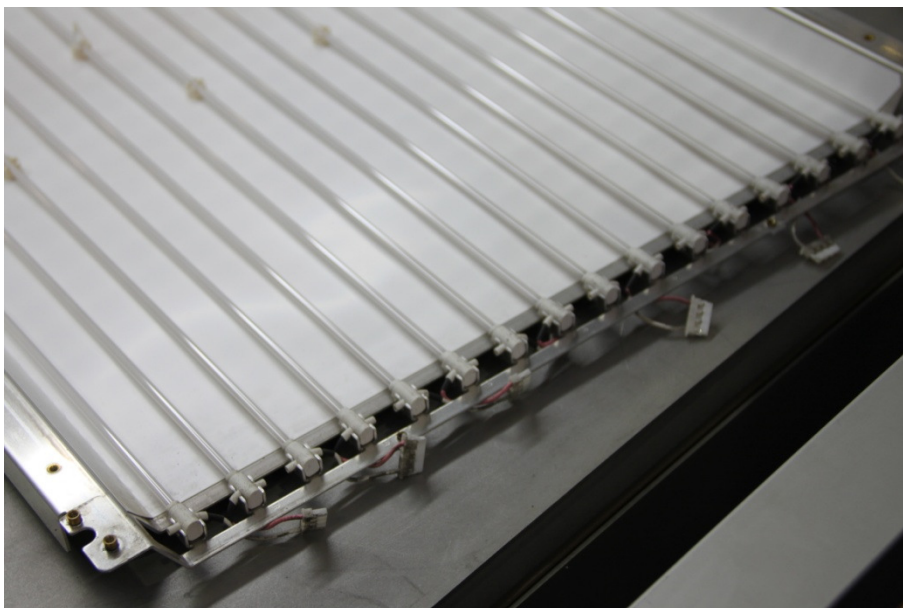


Abb.3: Quecksilberhaltige Leuchtgeräten eines LCD-Moduls (Quelle: RP Kassel)

Für die manuelle Zerlegung von LCD-Modulen und die damit verbundene Entnahme der Leuchtröhren sind Demontagearbeitsplätze einzurichten, die die folgenden Anforderungen erfüllen müssen:

- technische Lüftung zur Erfassung möglicher Quecksilberemissionen, z.B. mittels einer belüfteten Kabine mit Frontschieber (Anforderungen entsprechend DIN EN 14175 [19]). Die Luftführung erfolgt dabei nach hinten oder unten zur Erfassungseinrichtung, nicht nach oben.
- Abscheidung von Quecksilberemissionen z.B. durch Verwendung mit Schwefel imprägnierter Aktivkohle. Die Überschreitung der Beladungskapazität muss z. B. über eine optische Durchbruchkontrolle (Farbumschlag) angezeigt werden (z.B. über transparentes Filter mit Kaliumpermanganat).

Die Lagerung zerbrochener Beleuchtungsröhren erfolgt in gekennzeichneten und verschließbaren Behältern für quecksilberhaltigen Abfall. Der geöffnete Behälter ist während der Arbeitszeit am belüfteten Arbeitsplatz aufzubewahren. Nach Abschluss der Arbeiten ist der Behälter zu verschließen.

Unbeschädigte Beleuchtungsröhren müssen sofort in einem dafür vorgesehenen separaten Behälter gelagert werden und dürfen nicht auf der Arbeitsoberfläche liegen bleiben.

#### **5.4 Instandhaltungsarbeiten**

Bei Austausch/Reinigung von Filtern aus Lüftungstechnischen Anlagen (z.B. aus der Reinigungskabine oder des LCD-Demontagearbeitsplatzes) müssen persönliche Atemschutzausrüstung (FFP3) sowie geprüfte und zertifizierte Nitril- oder PVC-beschichtete Chemikalienschutzhandschuhe getragen werden.

#### **5.5 Maßnahmen zum Schutz der Haut**

Es ist Arbeitskleidung zu tragen. Diese muss auch den notwendigen Schutz vor Hautkontakt mit den Arbeitsstoffen in ausreichendem Maße gewährleisten (s. auch BGR 189 [22]).

Während der Demontage besteht eine erhöhte mechanische Gefährdung durch Schnitt- und Stichverletzungen. Bei Demontagearbeiten mit Schnittgefährdung sind schnittfeste Handschuhe (z.B. Lederhandschuhe) zu tragen.

Bei Tätigkeiten mit Bauteilen, die hautgefährdende oder hautresorptive Stoffe (z.B. PCB) enthalten, sind zusätzlich geprüfte und zertifizierte Nitril- oder PVC-beschichtete Chemikalienschutzhandschuhe zu benutzen.

Im Betrieb ist ein tätigkeitsbezogener Hautschutzplan zu erstellen und auszuhängen. Im Hautschutzplan sind in übersichtlicher und verständlicher Form die erforderlichen Schutz-, Reinigungs- und Pflegemaßnahmen den entsprechenden hautgefährdenden Arbeiten zuzuordnen. Bei der Erstellung des Hautschutzplanes ist arbeitsmedizinische Unterstützung angeraten.

Die TRGS 401 [6] enthält Hilfen zur Einschätzung der Gefährdung und zur Auswahl und Bewertung von persönlichen Schutzausrüstungen sowie Informationen zu Hautschutzmitteln.

## 5.6 Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz

Grundsätzlich sind die Vorgaben der jeweiligen Landesbauordnung und Industriebaurichtlinie [23] im Hinblick auf den Brand- und Explosionsschutz zu erfüllen. Weitergehende Maßnahmen hinsichtlich baulichem, technischem, betrieblichem und organisatorischem Brand- und Explosionsschutz können als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung erforderlich sein. Sind bei erhöhter oder hoher Brandgefährdung zusätzlich zu den baurechtlichen und arbeitsstättenrechtlichen Anforderungen weitere Brandschutzmaßnahmen erforderlich, müssen diese vom Arbeitgeber im Rahmen eines in sich widerspruchsfreien Schutzkonzeptes ausgewählt und festgelegt werden und mit den betrieblichen Gegebenheiten abgestimmt sein.

Wenn Staubablagerungen in den Arbeitsräumen vermieden, in angemessenen Zeitabständen mit Feucht- oder Nassverfahren bzw. mit geeigneten Industriesaugern beseitigt (keine Druckluft) und Entstaubungsanlagen regelmäßig gereinigt und sachgerecht gewartet werden, sind weitere Maßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz nicht erforderlich, falls die baurechtlichen Mindestanforderungen erfüllt sind.

## 6 Wirksamkeitsprüfung

Bei der Anwendung dieser Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis sind die in Kapitel 5 festgelegten Maßnahmen und Anforderungen einzuhalten.

Die Funktionstüchtigkeit technischer Ablufteinrichtungen muss täglich vor Arbeitsbeginn geprüft werden (Nachweis durch Strömungsprüfer, Rauchröhrchen oder Baumwollfaden).

Die technischen Einrichtungen sind entsprechend Anhang I Nr. 2 GefStoffV mindestens jährlich auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen, zu warten und ggf. in Stand zu setzen. Dabei sind insbesondere die von Herstellern vorgeschriebenen Intervalle für Prüfungen und Wartungen einzuhalten.

Alle Prüfungen und Instandhaltungsmaßnahmen sind zu dokumentieren.

Die Anwendung der zur Verfügung gestellten technischen, organisatorischen, hygienischen und persönlichen Schutzmaßnahmen ist durch den Arbeitgeber zu überwachen.

Zur Beurteilung der Schutzmaßnahmen gegenüber Cadmiumexposition müssen Arbeitsplatzmessungen durchgeführt werden.

## 7 Anwendungshinweise

Der Anwender dieser Handlungsanleitung muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt u.a. die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser Handlungsanleitung. Die Überprüfung kann im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz erfolgen.

Bei Anwendung dieser Handlungsanleitung bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere zur Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung für hier nicht erfasste Arbeitsbereiche des Betriebes, in denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen erfolgen und für die diese Handlungsanleitung nicht gilt, bestehen.

## 8 Literatur

- [1] LASI-Veröffentlichung - LV 27: Umgang mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten bzw. BG/BIA-Empfehlung Nr. 1037
- [2] BGIA-Arbeitsmappe des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV
- [3] TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- [4] ElektroG: Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG)
- [5] TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- [6] TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen
- [7] TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- [8] Altgeräte-Merkblatt „Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten“; Mitteilung 31 der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Stand September 2009
- [9] VDI 2343 Blatt 2 „Recycling elektrischer und elektronischer Geräte“ (Ausgabe 2/2010)
- [10] KrW-/AbfG - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen
- [11] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 790/2009
- [12] GESTIS-Stoffdatenbank; Gefahrstoffinformationssystem der DGUV
- [13] MAK- und BAT-werte-Liste der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- [14] IFA (BGIA)-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, Krebsrisikozahlen, Kennziffer 120120
- [15] Bekanntmachung 910 „Risikowerte und Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
- [16] TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“
- [17] BGIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, Kennziffer 510210
- [18] TRGS 555: Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten
- [19] DIN EN 14175 „Laborabzüge“
- [20] DIN 25412 „Laboreinrichtungen-Handschuhkästen“
- [21] TRGS 560 Luftrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben
- [22] BGR 189 „Benutzung von Schutzkleidung“

- [23] Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Industriebaurichtlinie -IndBauRL)
- [24] TRGS 505 Blei

## **Anhang 1: Gefahrstoffe an Demontagearbeitsplätzen, Arbeitsplatzgrenzwerte und andere Beurteilungsmaßstäbe**

Die Tabelle gibt einen Überblick über die relevanten Gefahrstoffe an Demontagearbeitsplätzen und die zur Beurteilung heran gezogenen Beurteilungsmaßstäbe.

Gefahrstoff	Einstufung nach CLP-VO [11]		Beurteilungsmaßstab	Quelle
	neue Einstufung	aktuelle Einstufung		
<b>Einatembare Staub (E-Staub)</b>	--	--	Allgemeiner Staubgrenzwert (10 mg/m <sup>3</sup> )	TRGS 900 Nr. 2.4 [7]
<b>Alveolengängiger Staub (A-Staub)</b>	--	--	Allgemeiner Staubgrenzwert (3 mg/m <sup>3</sup> )	TRGS 900 Nr. 2.4 [7]
<b>Beryllium</b>	Carc. 1B; H350i Acute Tox. 2; H330 Acute Tox. 3; H301 STOT RE 1; H372 Eye Irrit. 2; H319 STOT SE 3; H335 Skin Irrit. 2; H315 Skin Sens. 1; H317	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/38 R43	0,001 mg/m <sup>3</sup> (E)	GESTIS (Dänemark) [12]
<b>Blei und Bleiverbindungen</b>	Repr. 1A; H360Df Acute Tox. 4 ; H332 Acute Tox. 4 ; H302 STOT RE 2 ; H373 Aqu. acute 1; H400 Aqu. chronic 1; H410	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 R33 N; R50-53	0,1 mg/m <sup>3</sup> (E)	TRGS 505 [24]
<b>Bariumsalze</b>	Acute Tox. 4; H332, H302	Xn; R20/22	0,15 mg/m <sup>3</sup> (E)	TRGS 900 [7]
<b>Cadmium</b>	Pyr. Festst. 1; H250 Carc. 1B; H350 Mutag. 2; H341 Repr. 2; H361fd Acute Tox. 2; H330 STOT RE; H372 Aqu. acute 1; H400 Aqu. chronic 1; H410	F; R17 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62-63 T+; R26 T; R48/23/25 N; R50-53	Spez. Arbeitsplatzrisiko* pro 1 µg/m <sup>3</sup> : 0,69- 1,97x10 <sup>-3</sup> Akzeptanzrisikowert (4 x 10 <sup>-4</sup> ): 0,2 – 0,6 µg/m <sup>3</sup> Toleranzrisikowert (4 x 10 <sup>-3</sup> ): 2 – 6 µg/m <sup>3</sup>	BGIA 120120 (Krebsrisikozahlen) [14]
<b>Cadmiumoxid</b>	Carc. 1B; H350 Mutag. 2; H341 Repr. 2; H361fd Acute Tox. 2; H330 STOT RE 1; H372 Aqu. acute 1; H400 Aqu. chronic 1; H410 Acute Tox. 4; H332 H312, H302	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62-63 T+; R26 T; R48/23/25 N; R50-53 Xn; R20/21/22	s. Cadmium	
<b>Chrom (VI)- Verbindungen</b>	Carc. 1B; H350i Skin Sens 1; H317 Aqu. acute 1; H400 Aqu. chronic 1; H410	Carc. Cat. 2; R49 R43 N; R50-53	--	--

Gefahrstoff	Einstufung nach CLP-VO [11]		Beurteilungsmaßstab	Quelle
	neue Einstufung	aktuelle Einstufung		
<b>Chrom und anorganische Chrom (II) und (III)-verbindungen</b>	Keine harmonisierte Einstufung		2 mg/m <sup>3</sup>	TRGS 900 [7]
<b>Cobalt (Metall)</b>	Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aqu. Chronic 4	R42/43 R53	0,01 mg/m <sup>3</sup>	GESTIS (Dänemark) [12]
<b>Eisenoxide</b>	--	--	1,5 mg/m <sup>3</sup> (A)	MAK-Liste [12]
<b>Kupfer (I) oxid</b>	Acute Tox. 4; H302 Aqu. acute 1; H400 Aqu. Chronic 1; H410	Xn; R22 N; R50-53	0,1 mg/m <sup>3</sup> (E)	MAK-Liste [13]
<b>Kupfer (II) oxid</b>		Xn; R22 (Selbsteinstufung)	--	--
<b>Mangandioxid</b>	Acute Tox. 4; H332, H302	Xn; R20/22	0,5 mg/m <sup>3</sup> (E)	TRGS 900 [7]
<b>Nickel (Metall)</b>	Carc. 2 Skin Sens. 1	Carc. Cat. 3; R40 R43	Spez. Arbeitsplatzrisiko* für Nickelmetall und Nickeloxid pro 1 µg/m <sup>3</sup> : 0,39x10 <sup>-4</sup> Akzeptanzrisikowert (4 x 10 <sup>-4</sup> ): 10,3 µg/m <sup>3</sup> Toleranzrisikowert (4 x 10 <sup>-3</sup> ): 103 µg/m <sup>3</sup>	BGIA 120120 (Krebsrisiko- zahlen) [14]
<b>Quecksilber</b>	Repr. 1B Acute Tox. 2 STOT RE 1 Aqu. Acute 1 Aqu. Chronic 1	Repr. Cat.2; R61 T+; R26 T; R48/23 N; R50-53	0,1 mg/m <sup>3</sup> (Arbeitsplatz-Richtgrenz- wert der EU: 0,02 mg/m <sup>3</sup> )	TRGS 900 [7] (RL 2009/161/EU)
<b>Silber</b>	--	--	0,1 mg/m <sup>3</sup> (E)	TRGS 900 [7]
<b>Yttrium</b>	--	--	1 mg/m <sup>3</sup> (E)	GESTIS (u.a. Dänemark) [12]
<b>Zink und seine anorganischen Verbindungen</b>	Zinkoxid: Aqu. Acute 1 Aqu. Chronic 1	Zinkoxid: N; R50-53	2 mg/m <sup>3</sup> (E)	MAK-Liste [13]

Akzeptanzrisiko nach Bekanntmachung 910 [15] : 4 : 10 000 (4 x 10<sup>-4</sup>)  
Toleranzrisiko 4 : 1 000 (4 x 10<sup>-3</sup>)

\*) Das „spezifische Arbeitsplatzrisiko“ ist nach BGIA 120120 [14] das Risiko für zusätzliche Krebserkrankungen pro µg Schadstoffkonzentration/ m<sup>3</sup>. Bei der Aufstellung der „Spezifischen Arbeitsplatzrisiko-Werte“ wurden die für die Umweltextposition ermittelten Risikowerte auf Expositionszeitmuster und Atemzeitvolumen bei körperlicher Arbeit umgerechnet.

Berechnungsbeispiel Cadmium:

Für die Beurteilung wird im Sinne der Worst-Case Betrachtung der höhere Risiko-Wert angenommen (Spez. Arbeitsplatzrisiko pro 1 µg/m<sup>3</sup> 1,97x10<sup>-3</sup>). Damit ergibt sich pro 1 µg/m<sup>3</sup> Cadmiumkonzentration ein cadmiumbedingtes zusätzliches Risiko durch Cadmium-Exposition am Arbeitsplatz an Krebs zu erkranken zu ca. 20:10 000 (19,7x10<sup>-4</sup>). Das Akzeptanzrisiko (unterhalb dessen ein Risiko akzeptiert und oberhalb dessen ein Risiko unter Einhaltung der im Maßnahmenkatalog der Bekanntmachung 910 spezifizierten Maßnahmen toleriert wird) wird bei einer Cadmium-Konzentration von 0,2 µg/m<sup>3</sup> ausgeschöpft, das Toleranzrisiko (oberhalb dessen ein Risiko nicht tolerabel ist) bei 2 µg/m<sup>3</sup>.



## **Anhang 2: Expositionsmessungen LV 27 / BGIA 1037 (4/2002)**

### **1. Expositionsmessungen in Betrieben mit Reinigungskabine**

**Tabelle 1:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten (BG-Messprogramm)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
E-Staub	29	0,36	1,96
Beryllium	19	0,0003	0,0004
Blei	28	0,001	0,01
Cadmium	28	0,0002	0,0036
Chrom (Gesamt- chrom)	10	0,00020	0,0013
Kupfer	10	0,0004	0,0016
Nickel	10	0,0002	0,0008
Yttrium	18	0,004	0,01

**Tabelle 2:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Elektronikschrott (BAuA/MFH)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
A-Staub	8	0,03	0,12
E-Staub	24	0,935	3,64
Blei	24	0,002	0,0089
Cobalt	24	<NWG	0,01
Mangan	24	0,001	0,003
Nickel	24	0,001	0,01
Cadmium	24	0,0004	0,0023

**Tabelle 3:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten (ZfA)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
E-Staub	9	0,35	0,73
Cadmium	12	0,0022	0,0045
Blei	14	0,0026	0,0077

**Tabelle 4:** Schichtmittelwerte für Tätigkeiten an der Reinigungskabine (BAuA/MFH)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
A-Staub	2	<NWG	<NWG
E-Staub	10	0,605	1,24
Blei	10	0,001	0,003
Cobalt	10	<NWG	0,011
Mangan	10	<NWG	<NWG
Nickel	10	<NWG	0,0025
Cadmium	10	0,0003	0,0006

**Tabelle 5:** Schichtmittelwerte für Tätigkeiten an der Reinigungskabine (BG-Messprogramm)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	Schichtmittelwert [mg/m <sup>3</sup> ]
A-Staub	1	< 0,16
E-Staub	5	0,22 – 1,21
Beryllium	5	< 0,00017– 0,0007
Blei	5	< 0,001 – 0,0029
Cadmium	5	< 0,0002 – 0,005
Nickel	1	0,00013
Quecksilber	3	< 0,002
Yttrium	5	0,00016– < 0,02

## 2. Expositionsmessungen in Betrieben ohne Reinigungskabine

**Tabelle 6:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten (BG-Messprogramm)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
A-Staub	26	0,25	0,94
E-Staub	28	1,55	4,99
Barium**	23	0,02	0,07
Beryllium	20	0,0001	0,0005
Blei	29	0,005	0,03
Cadmium	30	0,0009	0,0075

\*\* Barium, nicht lösliche Verbindungen: kein Grenzwert

**Tabelle 7:** Schichtmittelwerte bei der Demontage von Elektronikschrott (BAuA/MFH)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
A-Staub	30	0,11	0,9
E-Staub	89	1,48	14,8
Blei	89	0,007	0,061
Cobalt	87	<NWG	0,007
Mangan	89	0,001	0,014
Nickel	87	<NWG	0,005
Cadmium	89	0,0015	0,055

**Tabelle 8:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten (ZfA)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
E-Staub	10	1,3	2,75
Cadmium	19	0,0007	0,0046
Blei	19	0,0031	0,017

**Tabelle 9:** Schichtmittelwerte beim Demontieren von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten (LfU)

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	Schichtmittelwerte [mg/m <sup>3</sup> ]
A-Staub	10	< 0,5
E-Staub	55 (31pers., 24 ortsfest)	0,46 – 5,3 < 0,5 – 2,1
Blei	55	< 0,001 – 0,023
Cadmium	55	< 0,001 – 0,005
Chrom	55	< 0,001 – 0,003
Quecksilber	direktanzeigend	< 0,005 – 0,21
PCB	15	< 0,05

### Anhang 3: Expositionsmessungen 2008/2009

**Tabelle 10:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten in Betrieben mit Reinigungskabinen bzw. mit Lüftungstechnischer Erfassung

Gefahrstoff	Anzahl Messergebnisse	Min - Max [mg/m <sup>3</sup> ]	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
E-Staub	11	0,87-7,80	1,64	5,05
A-Staub	1	0,35	--	--
Blei	10	n.n.-0,08	0,018	0,08
Cadmium	26	<0,005	--	--
Chrom	26	<0,005	--	--
Nickel	26	<0,005	--	--
Mangan	26	n.n. – 0,01	--	--
Cobalt	26	<0,005	--	--
Kupfer	10	<0,005 – 0,010	0,002	0,010
Barium	5	<0,006	--	--
Beryllium	4	<0,001 - <0,005	--	--
Vanadium	4	<0,001 - <0,005	--	--
Zink	2	0,01 – 0,03	--	--
Silber	1	<0,005	--	--
Eisen	2	0,032-0,039	--	--

**Tabelle 11:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten in Betrieben ohne Reinigungskabinen bzw. ohne Lüftungstechnische Erfassung

Gefahrstoff	Anzahl Messergebnisse	Min - Max [mg/m <sup>3</sup> ]	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
E-Staub	23	<0,71 - 7,14	1,10	6,81
A-Staub	10	<0,12 - 0,25	<0,25	0,25
Blei	27	n.n. - 0,09050	0,0056	0,061
Cadmium	36	n.n. – 0,00037	--	--
Chrom	36	n.n. – 0,00052	--	--
Nickel	36	<0,0050	--	--
Mangan	36	n.n. – 0,0050	--	--
Cobalt	34	<0,0050	--	--
Kupfer	27	n.n. – 0,0080	0,005	0,008
Barium	10	n.n. – 0,100	<0,006	0,100
Beryllium	20	<0,0001 - <0,005	--	--
Vanadium	14	<0,001 - <0,005	--	--
Zink	22	<0,005 - 0,081	<0,005	0,047
Silber	12	<0,005	--	--
Eisen	21	<0,005 – 0,153	0,012	0,041

**Tabelle 12:** Schichtmittelwerte bei Demontage von Elektrokleingeräten

Gefahrstoff	Anzahl Messer- gebnisse	Min - Max [mg/m <sup>3</sup> ]	50-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]
E-Staub	11	0,33-6,70	1,40	3,78
A-Staub	2	0,14-0,33	--	--
Blei	11	<0,004 – 0,044	0,011	0,027
Cadmium	16	<0,005	--	--
Chrom	16	<0,005	--	--
Nickel	16	n.n. – 0,0027	--	0,0016
Mangan	16	n.n. – 0,010	--	0,010
Cobalt	18	<0,005	--	<0,005
Kupfer	11	<0,001 - 0,044	<0,005	0,017
Barium	2	<0,005	--	--
Beryllium	7	<0,005	--	--
Vanadium	7	<0,005	--	--
Zink	7	<0,005 - 0,068	--	--
Silber	7	<0,005	--	--
Eisen	7	<0,005 – 0,102	--	--

### Anhang 4: Muster für ein „Verzeichnis der Beschäftigten über Tätigkeiten mit krebserzeugenden, mutagenen oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen“ nach § 14 Abs. 3 GefStoffV

Name, Vorname des/der Beschäftigten	Tätigkeit	Eingesetzter / freierwender Stoff / Produkt mit CMR Eigenschaften	Höhe der inhalativen Exposition [mg/m <sup>3</sup> ]	Dauer der Exposition		
				Std./ Tag	Tage / Woche	Wochen / Jahr im Zeitraum
Herr Mustermann	Demontage von Bildröhren- und anderen Elektronikgeräten in der Reinigungskabine und Demontage von Elektronikkleingeräten	Blei	n.n.-0,08 [*]	8	5	44 (2008 –)
		Chrom	<0,005 [*]			
		Beryllium	<0,001-<0,005 [*]			
		Cadmium	0,0001 (Messbericht vom 08.03.2011)			

\* Handlungshilfe zur guten Arbeitspraxis „Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten“, Stand 2011



