



1037

BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen



Manuelle Zerlegung von Bildschirm- und
anderen Elektrogeräten
Stand: Oktober 2001



Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
Mittelstraße 51, 10117 Berlin

Bearbeitet in Zusammenarbeit mit:

Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege,
Köln

Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln

Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, Hamburg

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Ref. 34 Abtg. 3,
Karlsruhe

Zentralstelle für Arbeitsschutz im Hessisches Landesamt für Umwelt
und Geologie, Kassel

IAS Institut für Arbeits- und Sozialhygiene Stiftung, München

Märkische Fachhochschule Iserlohn, Labor für Umwelttechnik,
Iserlohn

Fachverband Sanierung und Umwelt, Köln

Berufsgenossenschaftlicher Fachausschuss „Eisen und Metall IV“,
Sachgebiet „Metallschrott“, Hauptverband der gewerblichen Berufs-
genossenschaften, Sankt Augustin

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Alte Heerstraße 111

53757 Sankt Augustin

Telefon: 02241/231-02

Telefax: 02241/231-2234

Internet: www.dguv.de/ifa

– Mai 2011, Stand: Oktober 2001 –

BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen Manuelle Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten

Stand: Oktober 2001

1 Anwendungsbereich

In den vorliegenden BG/BIA-Empfehlungen werden die Kriterien für die Einhaltung von Grenzwerten festgelegt, unter denen bei bestimmten Zerlegearbeiten von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten der Unterhaltungs- und Haushaltselektronik, Datenverarbeitung und Bürotechnik bzw. deren zugehörigen Baugruppen Kontrollmessungen durch Kontrollmaßnahmen ersetzt werden können.

Bei Zerlegearbeiten im Sinne dieser BG/BIA-Empfehlungen handelt es sich um Arbeiten, bei denen

- Bildschirmgeräte (z. B. Fernseher, Computermonitore, Oszillographen und ähnliches) und andere Elektrogeräte (z. B. Telefone, Computer, Staubsauger, Unterhaltungselektronik) bereitgestellt und unter Verwendung von Handwerkzeugen demontiert werden
- Bildröhren belüftet werden
- schadstoffhaltige Bauteile entfernt werden.

Diese BG/BIA-Empfehlungen gelten nicht für Arbeitsbereiche, in denen

- Geräte zerlegt werden, bei denen besondere Gefährdungen, z. B. 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
- Leuchtstoffröhren zerlegt werden
- Bildröhren zerlegt und die Leuchtschicht entfernt wird
- Geräte, die asbesthaltige Erzeugnisse enthalten, zerlegt werden
- Geräte aus Havarien (z. B. Brandschäden) zerlegt werden
- größere Geräte der „weißen Ware“ (z. B. Kühlgeräte, Waschmaschinen, Herde) zerlegt werden
- komplette Geräte oder aus Elektro- und Elektronikgeräten gewonnene Materialien bis zur Rohstoffebene weiterverarbeitet werden (z. B. Schreddern).

2 Arbeitsverfahren/Tätigkeit

Jährlich fallen in der Bundesrepublik Deutschland rund 2 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikschrott mit rund 5 Millionen Bildröhren an. Mit dem in Kraft treten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG [1]) unterliegen die Hersteller und Vertreiber von

*) Der Inhalt dieser BG/BIA-Empfehlungen ist identisch mit den LASI-ALMA-Empfehlungen LV 27.

Elektrogeräten dem Verwertungsgebot. Altgeräte werden zerlegt und in Wertstofffraktionen getrennt, um diesem Verwertungsgebot zu entsprechen. Der Ablauf der Zerlegung des angelieferten Materials gliedert sich in der Regel in folgende Schritte:

- Bereitstellung
- grobe Vorsortierung des angelieferten Materials
- Reinigung des Materials (z. B. in geschlossenen Reinigungskabinen)
- Belüften der Bildröhren (z. B. in geschlossenen Reinigungskabinen)
- Manuelle Zerlegung und Separierung in einzelne Fraktionen (z. B. in Baugruppen wie Gehäuse, Leiterplatten, Bildröhren, Steuerungselektronik) mit nachfolgender weiterer Zerlegung der Baugruppen
- Entfernung schadstoffhaltiger Bauteile (z. B. Kondensatoren, Batterien, Akkus, Displays oder quecksilberhaltige Schalter)
- Lagerung und Entsorgung der verschiedenen Fraktionen.

3 Gefahrstoffexposition

Der im Verlauf der Gerätebetriebszeit im Inneren der Geräte abgelagerte Staub, der beim Öffnen der Geräte und bei der sich anschließenden Zerlegung freigesetzt werden kann, kann mit Gefahrstoffen belastet sein. Darüber hinaus können Gefahrstoffe bei Kontakt mit kontaminierten Geräten aufgenommen werden. Hier sind insbesondere Bildschirmgeräte mit zerbrochenen Bildröhren (cadmiumhaltige Leuchtschicht), schadhafte Kondensatoren (PCB) oder quecksilberhaltige Schalter zu erwähnen. Bei der Zusammenlagerung und dem Transport von gering oder wenig belasteten Geräten mit stark verschmutzten Geräten bzw. Geräten, die defekte Bauteile enthalten, besteht die Gefahr, dass auch diese kontaminiert werden.

Bei Arbeiten an den Geräten kann es somit zu einer Gefahrstoffaufnahme über die Haut, die Atemwege und den Mund kommen (dermale, inhalative und orale Aufnahme). Grundsätzlich ist zu beachten, dass bei Stoffen mit TRK-Wert auch bei Einhaltung des Luftgrenzwertes ein gesundheitliches Restrisiko besteht.

3.1 Gefahrstoffe

An Reinigungs-/Zerlegearbeitsplätzen kann eine Vielzahl verschiedener Gefahrstoffe freigesetzt werden (siehe Tabelle 1 im Anhang). Vorkommen und Gefährdungspotenzial ausgewählter Stoffe sind nachfolgend beschrieben.

- Azobenzole können in LC-Displays enthalten sein. Einige Azobenzole und andere Azoverbindungen sind als krebserzeugend beim Menschen eingestuft. Eine inhalative Belastung ist unwahrscheinlich. Der Hautkontakt muss jedoch vermieden werden.
- Beryllium findet u. a. als Legierungsbestandteil (z. B. in Kollektoren und mechanischen Bauteilen) und in der Röntgentechnik Verwendung. Beryllium kann sensibilisierend wirken, erzeugt granulomatöse Hautveränderungen und ist, wie seine Verbindungen, krebserzeugend.

- 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 Luftgrenzwertes 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 und ist wie seine Verbindungen krebserzeugend.
- 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 beim Menschen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) und beeinträchtigen möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit des Menschen. Auch bei Einhaltung des Luftgrenzwertes kann eine Fruchtschädigung bei Exposition Schwangerer nicht ausgeschlossen werden. PCB können sich im Körper anreichern und dadurch in besonderer Weise auf ihn einwirken.
- Quecksilber kann in Schaltern und Leuchtstoffröhren enthalten sein und ist giftig beim Einatmen. Quecksilber kann sich im Körper anreichern und dadurch in besonderer Weise auf ihn einwirken.
- Yttrium kann in der Leuchtschicht der Bildröhren enthalten sein. Yttriumverbindungen wirken u. a. reizend auf Augen und Lunge.
- 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.

3.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Von den gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, der Zentralstelle für Arbeitsschutz Kassel im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wurden in zahlreichen Betrieben umfangreiche Messungen durchgeführt.

Die Auswertung des vorliegenden Datenkollektivs zeigte, dass von der Vielzahl der auftretenden Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz insbesondere Cadmium und Blei einen relevanten

Beitrag zur Exposition leisten können. Quecksilber ist dann von Bedeutung, wenn entsprechende quecksilberhaltige defekte Bauteile am Arbeitsplatz auftreten.

Die Höhe der Exposition kann von verschiedenen Parametern beeinflusst werden (u. a. 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 bei einer Vorreinigung von Bildschirmgeräten in geschlossenen Reinigungskabinen ein insgesamt niedrigeres Expositions-niveau (mit Grenzwerteinhaltung für die Leitparameter Cadmium und Blei) zu beobachten ist.

Auf die separate messtechnische Ermittlung von verfahrensbedingt auftretenden Expositionsspitzen im Sinne der TRGS 402 [2] wurde bei den betrieblichen Messungen verzichtet, da diese hinsichtlich ihrer Intensität und Häufigkeit von den verschiedenen bereits genannten Einflussgrößen abhängig sind und sich nicht reproduzierbar wiederholen. Das Auftreten von Expositionsspitzen beim Belüften der Bildröhren wird durch die Verwendung einer geschlossenen Reinigungskabine verhindert.

Unter der Voraussetzung, dass die Freisetzung von Stäuben bzw. Quecksilberdämpfen durch sachgerechte Arbeitstechniken bei entsprechender Arbeitsorganisation vermieden wird und gefahrstoffhaltige Bauteile sachgerecht ausgebaut werden, ist es möglich, die Luftgrenzwerte für Cadmium, Blei und Quecksilber und den Bewertungsindex gemäß TRGS 403 [3] einzuhalten. Auf Kontrollmessungen kann bei Anwendung der in Kapitel 4 genannten Empfehlungen verzichtet werden.

4 Maßnahmen

Die nachfolgend beschriebenen technischen, organisatorischen, hygienischen und persönlichen Schutzmaßnahmen für das Zerlegen von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten lassen die Einhaltung des Grenzwertes für die auftretenden relevanten Gefahrstoffe, die Unterbindung des Hautkontaktes und die Vermeidung der oralen Aufnahme erwarten. Grundsätzlich sind die in der TRGS 500 [4] beschriebenen allgemeinen arbeitshygienischen Grundsätze zu beachten.

Technische Schutzmaßnahmen

- Bildschirmgeräte sowie Elektrogeräte, die durch die gemeinsame Lagerung mit Bildschirmgeräten, die zerbrochene Bildröhren enthalten, verunreinigt sind, müssen in einer geschlossenen Reinigungskabine von außen und innen anhaftendem Staub mittels Druckluft gereinigt werden.
- Die Belüftung der Bildröhren erfolgt in der Reinigungskabine. Vor dem Belüften der Bildröhre ist diese mit einem hochohmigen ($> 1 \text{ M}\Omega$) Widerstand von Restspannung zu entladen [5].
- Die Reinigungskabine muss in den Arbeitsablauf integriert sein.
- Damit die Arbeitsoberflächen (Tische) leicht zu reinigen sind, sollen diese mit glatter Oberfläche und umlaufendem Rand versehen sein.

- 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.

Technische Spezifikationen der Reinigungskabine

- Die geschlossene Reinigungskabine muss an eine Abluftführung 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 ausreichend, wenn ein 300-facher Luftwechsel je Stunde in der Reinigungskabine gewährleistet ist. Aus Gründen der Energieeinsparung sollte das Absauggerät nur während der Reinigung und mit einer entsprechenden Nachlaufzeit (mindestens 30 Sekunden) betrieben werden.
- Sofern die Luftrückführung (Umluftbetrieb) nicht zu vermeiden ist, sind die Anforderungen der TRGS 560 [6] zu beachten. Hiernach sind u. a. Absauggeräte der Kategorie H zu verwenden.
- Zum Ausblasen der abgelagerten Stäube soll Druckluft verwendet werden. Bei Verwendung einer Druckluftpistole erfolgt deren Handhabung in der Regel über entsprechende Eingriffsöffnungen in der Kabine (Verwendung von am Arm 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 Drucklufteintritt gewährleistet (2-3facher Luftwechsel).
- Die Kabine muss einen mechanischen Splitterschutz gewährleisten.

Organisatorische Schutzmaßnahmen

Anlieferung/Lagerung

- Mit den Zulieferern von Altgeräten ist im Sinne eines vorbeugenden Arbeits- und Gesundheitsschutzes eine schriftliche Vereinbarung bezüglich folgender Punkte zu treffen:
 - Die Sammlung und Ablagerung der Geräte in entsprechenden Containern muss möglichst schonend, d. h. zerstörungsfrei erfolgen.
 - Weiterhin ist die Kontamination von Geräten durch Gefahrstoffe aus anderen defekten Geräten durch entsprechende witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu vermeiden (z. B. Abdeckung oder Überdachung der Container).
 - Eine getrennte Sammlung und Lagerung von Bildschirmgeräten und anderen Elektrogeräten ist wünschenswert.
- Potenziell gefahrstoffemittierende Bauteile (z. B. Kondensatoren, Quecksilberschalter), die in offenen Sammelbehältern am Arbeitsplatz abgelegt werden, sind regelmäßig (mindestens

alle 2 h) in verschließbare Lagerbehälter zu entsorgen. Die Öffnungsquerschnitte der Sammelbehälter sind möglichst klein zu gestalten, z. B. mittels Gummimanschette. Die Sammelbehälter sind zu kennzeichnen.

- Die Lagerung potenziell gefahrstoffemittierender Bauteile und Fraktionen soll außerhalb des Arbeitsbereiches ausschließlich in verschlossenen und gekennzeichneten Behältern erfolgen.
- Für den Umgang mit Elektronikschrott, der nicht zur Zerlegung vorgesehen ist (z. B. Leuchtstoffröhren, Nassbatterien), sind entsprechende Schutzmaßnahmen und Lagerbedingungen festzulegen.

Zerlegearbeiten

- Wegen der Gefahr der Freisetzung von Gefahrstoffen durch Zerstörung von Bauteilen oder Aufwirbelung von noch anhaftenden Stäuben müssen die Geräte möglichst zerstörungsfrei zerlegt werden, insbesondere
 - sind Hämmer als Zerlegungswerkzeug nur dort einzusetzen, wo eine Zerlegung auf andere Art nicht möglich ist,
 - sollen Elektroschrauber statt pneumatisch betriebener Schrauber verwendet werden und
 - sind die Geräte nicht zu werfen, sondern abzulegen.
- Die Funktionstüchtigkeit der zur Reinigungskabine gehörenden Ablufteinrichtung muss täglich vor Arbeitsbeginn geprüft werden (Nachweis z. B. durch Strömungsprüfer).

Reinigung

- 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 [7], große Hallenböden mit geeigneten Kehr- und Saugmaschinen zu reinigen.

Sonstige Maßnahmen

- Es sind tätigkeitsbezogene Betriebsanweisungen in verständlicher Form gemäß TRGS 555 [8] zu erstellen.
- Es ist eine Betriebsanweisung für die Wartung, den regelmäßigen Wechsel und die Entsorgung der Filter von Reinigungskabine und Sauggeräten zu erstellen.
- Die Beschäftigten müssen an Hand der Betriebsanweisungen regelmäßig, mindestens einmal jährlich bezüglich des Umgangs mit Gefahrstoffen unterwiesen werden. Hierbei ist auch auf das Erkennen gefahrstoffbelasteter Bauteile in den Altgeräten (z. B. quecksilberhaltige Schalter, PCB-haltige Kondensatoren) und deren sachgerechte Handhabung einzugehen (Qualifizierung der Beschäftigten).
- Es sind Maßnahmen festzulegen, die beim Austreten von Gefahrstoffen eine Gesundheitsgefährdung verhindern, z. B. durch Absperren/Kennzeichnen der Unfallstelle, Aufbringen geeigneter Absorber, z. B. Zinkstaub für Quecksilber in ausreichender Menge, sachgerechte Entsorgung und persönliche Hygiene.

- Absauganlagen sind nach § 53 Arbeitsstättenverordnung und entsprechend Abschnitt 5.9 der TRGS 560 [6] in jährlichem Abstand zu prüfen. Entsprechend den „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz an Arbeitsplätzen mit Arbeitsplatzlüftung“ [9] müssen lüftungstechnische Anlagen mindestens alle zwei Jahre durch einen Sachkundigen geprüft werden. Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren. Lüftungstechnische Anlagen müssen täglich vor Arbeitsbeginn auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden.
- Der Eintrag von Gefahrstoffen aus anderen Arbeitsbereichen, auch durch Flurförderzeuge, ist zu vermeiden, z. B. durch räumliche Trennung von Arbeitsbereichen.
- Es müssen geeignete Hebe- und Transporthilfen verwendet werden.
- Alle Arbeitsabläufe müssen schriftlich festgelegt werden.

Hygiene und Persönliche Schutzmaßnahmen

- An den Arbeitsplätzen ist das strikte Rauch-, Schnupf-, Ess- und Trinkverbot einzuhalten, um eine orale Aufnahme von Gefahrstoffen zu vermeiden.
- Es ist Arbeitskleidung zu tragen. Diese muss den notwendigen Schutz vor Hautkontakt mit den Arbeitsstoffen in ausreichendem Maße gewährleisten (siehe auch BGR 189 [10])
- Gemäß § 22 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.
- Pausen sollen möglichst ohne Arbeitskleidung (z. B. Schutzkittel) in getrennten Räumen vorgenommen werden.
- Es müssen geeignete Sanitär- und Sozialeinrichtungen zur Verfügung stehen.
- Beim Umgang mit den Filtern der Reinigungskabine muss persönliche Schutzausrüstung getragen werden.
- Bei Gefahr von Splitterverletzungen müssen Schutzbrillen getragen werden.
- Bei den Zerlegearbeiten mit Schnittgefährdung sind schnittfeste Handschuhe zu tragen. Beim Umgang mit Bauteilen, die hautresorptive Stoffe enthalten, sind geprüfte und zertifizierte Nitril- oder PVC-beschichtete Handschuhe mit CE-Zeichen zu benutzen.
- Es sind wirksame Hautschutzmaßnahmen gemäß den berufsgenossenschaftlichen „Regeln für den Einsatz von Hautschutz“ [11] zu treffen.

5 Anwendungshinweise

Wegen der krebserzeugenden Wirkung von Cadmium bzw. fruchtschädigenden Wirkung von Blei dürfen werdende Mütter nach § 5, Absatz 1 der Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz [12] an diesen Arbeitsplätzen nicht beschäftigt werden.

Zur Bewertung der gesundheitlichen Relevanz durch Gefahrstoffe (innere Belastung) wird im Sinne der TRGS 710 [13] empfohlen, den Beschäftigten die Teilnahme am Biomonitoring zu

ermöglichen. Die Notwendigkeit für ein Biomonitoring resultiert aus dem Umgang mit krebs-erzeugenden und erbgutverändernden Stoffen sowie Stoffen, die über die Haut aufgenommen werden können. Bei vernachlässigter Hygiene am Arbeitsplatz kann zusätzlich auch der orale Aufnahmeweg von Bedeutung sein.

Der Anwender dieser BG/BIA-Empfehlungen 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 BG/BIA-Empfehlungen. Die Überprüfung kann im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz erfolgen.

Diese BG/BIA-Empfehlungen geben dem Arbeitgeber praxisgerechte Hinweise, wie er der Überwachungspflicht nach § 18 der Gefahrstoffverordnung nachkommen kann. Bei Anwendung dieser BG/BIA-Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Ermittlungspflichten (§ 16 GefStoffV), Teile der Überwachungspflicht nach § 18 GefStoffV (z. B. die Gesamtbeurteilung der Exposition bei wechselnden Tätigkeiten der Arbeitnehmer innerhalb einer Schicht oder bei unterschiedlichen Tätigkeiten mit verschiedenen Gefahrstoffen in verschiedenen Arbeitsbereichen), die Verpflichtung zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen (§ 19 GefStoffV) sowie die Verpflichtung zur Erstellung von Betriebsanweisungen und zur regelmäßigen Unterweisung der Beschäftigten (§ 20 GefStoffV) bestehen.

6 Überprüfung

Diese BG/BIA-Empfehlungen wurden im Oktober 2001 verabschiedet. Sie werden in jährlichen Abständen überprüft. Sollten Änderungen notwendig werden, insbesondere hinsichtlich eventueller Grenzwertabsenkungen, werden diese veröffentlicht.

Literatur

- [1] Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG). BGBl. I, S. 2705 vom 27. September 1994. Zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes. BGBl. I, S. 632 vom 3. Mai 2000
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). BArbBl (1997) Nr. 11, S. 27-33, www.baua.de/prax
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 403). BArbBl (1989) Nr. 10, S. 71-72, www.baua.de/prax
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen: Mindeststandards (TRGS 500). BArbBl (1998) Nr. 3, S. 57-58, www.baua.de/prax

- [5] Merkblatt 30: Radio und Fernsehtechnik. Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln 1999
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Luftrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 560). B ArbBl (1996) Nr. 5, S. 54-55, www.baua.de/prax
- [7] Heimann, M.; Otto, M.: Maschinen zur Beseitigung gesundheitsgefährlicher Stäube – Positivliste. Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt 510 210. In: BIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA. Erich Schmidt, Bielefeld 1985 – Loseblatt-Ausgabe
- [8] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV (TRGS 555). B ArbBl (1997) Nr. 12, S. 49-58, www.baua.de/prax
- [9] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Arbeitsplätze mit Arbeitsplatzlüftung (BGR 121, bisher ZH 1/140). Carl Heymanns, Köln 1997
- [10] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Einsatz von Schutzkleidung (BGR 189, bisher ZH 1/700). Carl Heymanns, Köln 1994
- [11] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Benutzung von Hautschutz (BGR 197, bisher ZH 1/708). Carl Heymanns, Köln 2001
- [12] Verordnung zum Schutze der Mütter am Arbeitsplatz (Mutterschutzrichtlinienverordnung). BGBl. I (1997), Nr. 23, S.782
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Biomonitoring (TRGS 710). B ArbBl (2000) Nr. 2, S. 60-62, www.baua.de/prax

Anhang

Gefahrstoffbelastung bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten

1 Gefahrstoffe/Grenzwerte

Tabelle 1: Luftgrenzwerte der berücksichtigten Gefahrstoffe [1] (Stand: September 2001)

Gefahrstoff	Luftgrenzwert		Überschreitungs- faktor	Einstufung
	mL/m ³	mg/m ³		
Beryllium		0,002 E	4	K 2; S
Bleiverbindungen		0,1 E	4	R _E 1; R _F 3
Cadmium und seine Verbindungen		0,015 E	4	K 2
Chlorierte Biphenyle (42 % Chlor)	0,1	1	4	K 3; R _E 2; R _F 2; H
Chlorierte Biphenyle (54 % Chlor)	0,05	0,5	4	K 3; R _E 2; R _F 2; H
Chrom(VI)-Verbindungen		0,05 E	4	K 2; S
Cobalt bioverfügbar		0,1 E	4	K 3; S
Kupfer und seine Verbindungen		1 E	4	
Mangan		0,5 E	4	
Nickel		0,5 E	4	K 3; S
Quecksilber	0,01	0,1	4	
Yttrium und seine Verbindungen		5,0 E	4	
Allgemeiner Staubgrenzwert			4	
A-Staubfraktion		3,0		
E- Staubfraktion		10*)		
Faserstäube, anorganische	250 000 F/m ³			s. TRGS 905

E: Einatembare Fraktion

A: Alveolengängige Fraktion

R_E: Fruchtschädigend (entwicklungsschädigend)

R_F: Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit)

K 2: Stoffe, die als krebserzeugend beim Menschen angesehen werden sollten

K 3: Stoffe, die wegen möglicher krebserregender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben

H: Hautresorptive Stoffe

S: Sensibilisierende Stoffe

*) Gültig ab 1.4.2004, jedoch bereits jetzt in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

2 Gefahrstoffexpositionsmessungen

Von den gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, der Zentralstelle für Arbeitsschutz Kassel im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wurden in zahlreichen Betrieben umfangreiche Messungen durchgeführt.

Die Betriebe, in denen Messungen durchgeführt wurden, wiesen hinsichtlich ihrer anlagentechnischen Ausstattung erhebliche Unterschiede auf. In kleineren Betrieben werden die Geräte, insbesondere Bildschirmgeräte, überwiegend manuell zerlegt. In größeren Betrieben existieren halbautomatische Zerlegestraßen, mit deren Hilfe bis zu 300 Bildröhren/Schicht belüftet und zerlegt werden können. Der Durchsatz an Bildschirmgeräten kann in den verschiedenen Betrieben um den Faktor 50 variieren.

Während in einigen Betrieben die Bildröhren nur belüftet werden, zerlegen andere Betriebe diese in weitere Fraktionen (z. B. Front- und Konusglas) und entfernen dabei auch die Leuchtschicht. Beim Absaugen der Leuchtschicht von Bildröhren wurden wiederholt sehr hohe Grenzwertüberschreitungen für Cadmium (bis $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) beobachtet. Da diese Tätigkeit nicht zum Anwendungsbereich der vorliegenden BG/BIA-Empfehlungen gehört, bleiben alle diesbezüglichen Messungen hier unberücksichtigt.

Wie die Auswertung des vorliegenden Datenkollektivs gezeigt hat, kommt der Vermeidung der Staubexposition an den Zerlegearbeitsplätzen eine zentrale Bedeutung zu. Dies lässt sich am effektivsten durch eine Vorreinigung der Bildschirmgeräte in einer an eine Abluftführung angeschlossenen Reinigungskabine realisieren. In der nachfolgenden Darstellung der Messergebnisse wird entsprechend zwischen Betrieben unterschieden, die bereits eine Vorreinigung in den Arbeitsablauf integriert haben und denen, die diese noch nicht eingeführt haben.

2.1 Expositionsmessungen in Betrieben mit geschlossenen Reinigungskabinen

2.1.1 Manuelle Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten

Im Rahmen des berufsgenossenschaftlichen Sondermessprogramms „Elektronikschrott-Recycling“ (siehe Tabelle 2) wurden Messungen in Betrieben durchgeführt, die bereits einige der in Kapitel 4 genannten Maßnahmen umgesetzt hatten; insbesondere wurden hier geschlossene Reinigungskabinen eingesetzt. Der Gerätedurchsatz lag zwischen einem und 18 Geräten je Stunde. Grenzwertüberschreitungen wurden nicht festgestellt.

Tabelle 2: Schichtmittelwerte beim Zerlegen von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten in Betrieben mit Reinigungskabine (BG-Sonderprogramm)

Gefahrstoff	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert [mg/m ³]	95 %-Wert*) [mg/m ³]
A-Staubfraktion	5	2		
E-Staubfraktion	29	4	0,36	1,96
Beryllium	19	4	0,0003	0,0004
Blei	28	4	0,001	0,01
Cadmium	28	4	0,0002	0,0036
Chrom (Gesamtchrom)	10	1	0,00020	0,0013
Kupfer	10	1	0,0004	0,0016
Quecksilber	3	2		
Nickel	10	1	0,0002	0,0008
Yttrium	18	3	0,004	0,01

*) 95-Perzentil bedeutet, dass 95 % der ermittelten Messergebnisse unterhalb des in der Tabelle genannten Zahlenwertes lagen.

Im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) wurden vom Labor für Umwelttechnik der Märkischen Fachhochschule Iserlohn (MFH) in zwei Betrieben mit Reinigungskabinen (12 bzw. 15 Beschäftigte) zehn personengetragene und neun stationäre Probenahmen durchgeführt. In beiden Betrieben wurden in den Zerlegebereichen vergleichsweise niedrige Belastungen vorgefunden (siehe Tabelle 3). Grenzwertüberschreitungen wurden nicht festgestellt.

Tabelle 3: Schichtmittelwerte bei der Demontage von Elektronikschrott in Betrieben mit Reinigungskabine und Bewertungsindex für das Stoffgemisch (BAuA/MFH)

Gefahrstoff	Anzahl Messungen	Anzahl Betriebe	50 %-Wert [mg/m ³]	95 %-Wert*) [mg/m ³]
A-Staubfraktion	8	2	0,03	0,12
E-Staubfraktion	24	2	0,935	3,64
Blei	24	2	0,002	0,0089
Cobalt	24	2	<NWG	0,01
Mangan	24	2	0,001	0,003
Nickel	24	2	0,001	0,01
Cadmium	24	2	0,0004	0,0023

*) 95-Perzentil bedeutet, dass 95 % der ermittelten Messergebnisse unterhalb des in der Tabelle genannten Zahlenwertes lagen.
Der Bewertungsindex I als Summe der Stoffindizes (Konzentration/Luftgrenzwert) über alle Einzelmessergebnisse lag für die Stoffe mit MAK-Wert bei 0,09, für die Stoffe mit TRK-Wert bei 0,21 (Grenzwert = 1).

**2.1.2 Entstauben von Bildschirmgeräten/Belüftung von Bildröhren in der Reinigun-
gskabine**

In den o. g. Betrieben hat die Märkische Fachhochschule Iserlohn (BAuA/MFH) bei dem Arbeitsschritt „Entstauben von Geräten und Belüften von Bildröhren“ in den Reinigungskabinen vier personengetragene und sechs stationäre Probenahmen durchgeführt. Die Messergebnisse weisen ein insgesamt niedriges Belastungsniveau aus (siehe Tabelle 4). Grenzwertüberschreitungen wurden nicht beobachtet.

Tabelle 4: Schichtmittelwerte für Tätigkeiten an der Reinigungskabine und Bewertungsindex für das Stoffgemisch (BAuA/MFH)

Gefahrstoff	Anzahl Messungen	Anzahl Betriebe	50-Perzentil [mg/m ³]	95-Perzentil*) [mg/m ³]
A-Staubfraktion	2	2	<NWG	<NWG
E-Staubfraktion	10	2	0,605	1,24
Blei	10	2	0,001	0,003
Cobalt	10	2	<NWG	0,011
Mangan	10	2	<NWG	<NWG
Nickel	10	2	<NWG	0,0025
Cadmium	10	2	0,0003	0,0006

*) 95-Perzentil bedeutet, dass 95 % der ermittelten Messergebnisse unterhalb des in der Tabelle genannten Zahlenwertes lagen.
Der Bewertungsindex I als Summe der Stoffindizes (Konzentration/Luftgrenzwert) über alle Einzelmessergebnisse lag für die Stoffe mit MAK-Wert bei 0,14, für die Stoffe mit TRK-Wert bei 0,04 (Grenzwert = 1).

Beim Entstauben von Bildschirmgeräten in Betrieben mit Reinigungskabinen wurden auch von den Berufsgenossenschaften Messungen durchgeführt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Schichtmittelwerte für Tätigkeiten an der Reinigungskabine

Gefahrstoff	Anzahl Messungen	Anzahl Betriebe	Schichtmittelwert [mg/m ³]
A-Staubfraktion	1	1	< 0,16
E-Staubfraktion	5	3	0,22 – 1,21
Beryllium	5	3	< 0,00017 – 0,0007
Blei	5	3	< 0,001 – 0,0029
Cadmium	5	3	< 0,0002 – 0,005
Faserstäube	2	2	60 000 – 100 000 allgemein*)
Nickel	1	1	0,00013
Quecksilber	3	3	< 0,002
Yttrium	5	3	0,00016 – < 0,02

*) in Fasern/m³.

2.2 Expositionsmessungen in Betrieben ohne geschlossene Reinigungskabinen

Im Rahmen des berufsgenossenschaftlichen Sondermessprogramms „Elektronikschrott-Recycling“ wurden auch Messungen in Betrieben durchgeführt, die keine geschlossene Reinigungskabine einsetzen. Die Messergebnisse der stationären und personengetragenen Probenahmen bei der manuellen Zerlegung von Elektronikschrott in diesen Betrieben werden in Tabelle 6 gezeigt. Sie zeigen, dass die Grenzwerte der meisten Stoffe (z. B. Kupfer, Nickel, Yttrium, Allgemeiner Staubgrenzwert) eingehalten werden. Bei Cadmium und Quecksilber wurde jedoch in jeweils einem Fall eine Grenzwertüberschreitung beobachtet.

Tabelle 6: Schichtmittelwerte beim Zerlegen von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten in Betrieben ohne Reinigungskabine (BG-Sonderprogramm)

Gefahrstoff	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	50 %-Wert [mg/m ³]	95 %-Wert [mg/m ³]
A-Staubfraktion	26	14	0,25	0,94
E-Staubfraktion	28	13	1,55	4,99
Barium *)	23	11	0,02	0,07
Beryllium	20	9	0,0001	0,0005
Blei	29	15	0,005	0,03
Cadmium	30	15	0,0009	0,0075

*) Barium, nicht lösliche Verbindungen: kein Grenzwert.

Die Märkischen Fachhochschule Iserlohn (BAuA/MFH) hat in Betrieben ohne Reinigungskabine die Belastungssituation der Beschäftigten (4 bis 18 Arbeitnehmer) bei der manuellen Zerlegung von Elektronikschrott erhoben. Grenzwertüberschreitungen für Cadmium, Blei und die Einatembare Staubfraktion (gültig ab 1.4.2004) wurden in Arbeitsbereichen festgestellt, in denen Bildschirmgeräte demontiert wurden (siehe Tabelle 7) [2].

Tabelle 7: Schichtmittelwerte bei der Demontage von Elektronikschrott (ohne weiße Ware) und Bewertungsindex für das Stoffgemisch (BAuA/MFH)

Gefahrstoff	Anzahl Messungen	Anzahl Betriebe	50 %-Wert [mg/m ³]	95 %-Wert*) [mg/m ³]
A-Staubfraktion	30	7	0,11	0,9
E-Staubfraktion	89	8	1,48	14,8
Blei	89	8	0,007	0,061
Cobalt	87	8	<NWG	0,007
Mangan	89	8	0,001	0,014
Nickel	87	8	<NWG	0,005
Cadmium	89	8	0,0015	0,055

*) 95-Percentil bedeutet, dass 95 % der ermittelten Messergebnisse unterhalb des in der Tabelle genannten Zahlenwertes lagen.

Der Bewertungsindex I als Summe der Stoffindizes (Konzentration/Luftgrenzwert) über alle Einzelmessergebnisse lag für die Stoffe mit MAK-Wert bei 0,64, für die Stoffe mit TRK-Wert bei 3,69 (Grenzwert = 1).

Die Zentralstelle für Arbeitsschutz (ZfA), Kassel hat in sechs Betrieben ohne Raumluftechnische Anlage mit 5 bis 150 Beschäftigten mit 64 Probenahmen (personengetragen und ortsfest) die Belastung durch Blei, Cadmium und die Einatembare Staubfraktion im Bereich der Demontage von Bildschirmgeräten untersucht (siehe Tabellen 8a und 8b). In zwei der sechs Betriebe wurden die Bildschirme nach dem Belüften der Bildröhre in einer geschlossenen Kabine mit Druckluft gereinigt. In vier der Betriebe wurden die Arbeitsbereiche mittels Besen gereinigt. Der tägliche Durchsatz an belüfteten Bildröhren lag in den Betrieben zwischen 40 und 325.

Tabelle 8a: Schichtmittelwerte beim Zerlegen von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten in Betrieben mit Reinigungskabine (ZfA)

Gefahrstoff	Anzahl der Messwerte und der Schichtmittelwerte (in Klammern)	Anzahl Betriebe	Schichtmittelwerte [mg/m ³]
E-Staub	9 (2)	2	0,4/0,6
Cadmium	14 (5)	2	0,0005 - 0,005*)
Blei	14 (5)	2	< 0,001 - 0,01

*) In einem Betrieb wurden im Bereich der Grobdemontage bei einer Doppelbestimmung im Mittel 0,124 mg Cadmium/m³ gemessen. Die Emissionsursache konnte nicht eindeutig identifiziert werden.

Tabelle 8b: Schichtmittelwerte beim Zerlegen von Bildschirm- und anderen Elektronikgeräten in Betrieben ohne Reinigungskabine (ZfA)

Gefahrstoff	Anzahl der Messwerte und der Schichtmittelwerte (in Klammern)	Anzahl Betriebe	Schichtmittelwerte [mg/m ³]
E-Staub	8 (3)	4	0,2 / 0,5 / 1,6
Cadmium	26 (10)	4	0,0002 - 0,003
Blei	26 (10)	4	< 0,003 - 0,02

Die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), Karlsruhe hat in fünf Kleinbetrieben, in denen keine Reinigungskabinen eingesetzt wurden, Messungen auf Staub (einatembare und alveolengängige Fraktion), Schwermetalle, Fasern, VOC und PCB durchgeführt. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse [3].

- Alle Staubmessungen ergaben Werte unter den zur Zeit gültigen oder diskutierten Grenzwerten.
- Neben den in Tabelle 9 angeführten Schwermetallen wurden 20 weitere gemessen, doch waren deren Beiträge zur Gesamtbelastung vernachlässigbar. Unter den Schwermetallen waren nur Cadmium, Blei und Quecksilber von Bedeutung.
- Die direkt anzeigend gemessene Quecksilberkonzentrationen an den Arbeitsplätzen lagen in der Regel unter 0,01 mg/m³, an einem Arbeitsplatz mit 0,21 mg/m³ jedoch über dem Grenzwert.
- Bei den anorganischen Fasern lag der Messwert in 15 von 18 Fällen unter der Bestimmungsgrenze von 4200 F/m³. Asbestfasern wurden in keinem Fall gefunden.

- Die Lösungsmittelbelastung (leicht- und mittelflüchtige organische Verbindungen) war in den Betrieben in der Regel im Bereich der normalen Außenluftbelastung, der Bewertungsindex war immer kleiner 0,1.
- Von den PCB konnten nur einzelne Kongenere in Spuren nachgewiesen werden. Der Gesamtbeitrag der PCB zum Bewertungsindex I_{MAK} nach TRGS 403 war in allen Betrieben $< 0,1$.

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

Gefahrstoff	Anzahl Messungen	Anzahl Betriebe	Schichtmittelwerte [mg/m ³]
A-Staubfraktion	10	5	$< 0,5$
E-Staubfraktion	55 (31 pers., 24 ortsfest)	5	0,46 – 5,3 $< 0,5 – 2,1$
Blei	55	5	$< 0,001 – 0,023$
Cadmium	55	5	$< 0,001 – 0,005$
Chrom	55	5	$< 0,001 – 0,003$
Quecksilber	direkt anzeigend	5	$< 0,005 – 0,21$
Fasern	18	5	$< 4200 – 27600 \text{ F/m}^3$
PCB	15	5	$< 0,05$

Literatur

- [1] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 403). B ArbBl (1989) Nr. 10, S. 71-72, www.baua.de/prax
- [2] Hanke, M.; Ihrig, Ch.; Ihrig, D. F.: Stoffbelastung beim Elektronikschrott-Recycling. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Gefährliche Arbeitsstoffe – GA 56. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 2001
- [3] Arbeitsschutz beim Recycling von Elektro- und Elektronikschrott, Projektbericht-Nr.: 34-5534.4-17/97.1001. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 1999