

# Expositionsbeschreibung

## Quecksilberexpositionen beim Recycling von Leuchtmitteln

Diese Expositionsbeschreibung wurde von der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), der Verwaltungsberufsgenossenschaft (VBG) sowie der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) erarbeitet.

### Allgemeines

Die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [1] fordert die Unternehmen in § 6 Abs. 1 Nummer 3 auf, Art und Ausmaß der Exposition der Beschäftigten zu ermitteln. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere gleichwertige Beurteilungsverfahren erfolgen.

Expositionsbeschreibungen stellen ein geeignetes Beurteilungsverfahren für die beim Recycling von quecksilberhaltigen Leuchtmitteln auftretenden Quecksilberexpositionen dar und basieren auf Gefahrstoffmessungen in der Luft an Recycling-Arbeitsplätzen. Bei Tätigkeiten mit intakten Leuchtmitteln besteht keine Exposition gegenüber Quecksilber und seinen anorganischen Verbindungen.

Diese Expositionsbeschreibung kann entsprechend §§ 6 und 7 Gefahrstoffverordnung, bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung verwendet werden. Sie leistet Unterstützung bei der Beurteilung der inhalativen Exposition gegenüber Quecksilber sowie den daraus abzuleitenden Maßnahmen. Gefährdungen, z. B. durch Hautkontakt oder physikalisch-chemische Einwirkungen, sind getrennt zu betrachten. Die Verpflichtungen zum Einsatz von Stoffen und/oder Verfahren mit geringerem Risiko nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 600 [2] zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen und zur Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten usw. bleiben bestehen.

### 1 Anwendungsbereich

Quecksilberhaltige Leuchtmittel sind Elektronikschrott im Sinne des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes (ElektroG) [3]. Im ElektroG ist die Sammlung von zu entsorgenden quecksilberhaltigen Leuchtmitteln sowie Elektronikaltgeräten geregelt. Private und gewerbliche Verbraucherinnen und Verbraucher sind verpflichtet, die genannten Produkte getrennt vom Hausmüll zu entsorgen. Nach § 13 ElektroG sind Kommunen und Landkreise verpflichtet, Sammelstellen hierfür einzurichten. Der Handel kann ebenfalls die Rücknahme gebrauchter Leuchtmittel aus privatem Verbrauch anbieten.

Pro Jahr werden gemäß Angaben der Stiftung elektro-altgeräte register (EAR) ca. 10.000 t quecksilberhaltige Leuchtmittel dem Recycling zugeführt. Diese Sammelmenge stammt aus bundesweit ca. 5000 Kleinmengensammelstellen, ca. 400 Großmengensammelstellen sowie von Großbetrieben.

Hinzu kommen die Leuchtmittel, die bei der Herstellung im Rahmen der Qualitätssicherung aussortiert werden.

Diese Expositionsbeschreibung gilt für das Recycling von quecksilberhaltigen Leuchtmitteln nach dem Schredder- sowie dem Kapp-Trenn-Verfahren [4]. Sie beschreibt die Expositionen gegenüber Quecksilber und seinen anorganischen Verbindungen bei Anwendung der genannten Recycling-Verfahren sowie Verfahrensweisen und Schutzmaßnahmen.

Diese Expositionsbeschreibung gilt nicht für das Recycling von anderen quecksilberhaltigen Geräten, wie z. B. Thermometern, oder elektronischen Bauteilen, wie z. B. Schaltern. Diese enthalten in der Regel sehr viel mehr metallisches Quecksilber und sind gesondert zu recyceln.

Die Herstellung von quecksilberhaltigen Leuchtmitteln wird gesondert in einer eigenen Expositionsbeschreibung behandelt. Für die Sammlung quecksilberhaltiger Leuchtmittel und für die Demontage von Flachbildschirmen mit quecksilberhaltigen Leuchtmitteln als Hintergrundbeleuchtung liegen jeweils Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach Gefahrstoffverordnung vor.

## 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Expositionsbeschreibung werden folgende Begriffe bestimmt:

**Quecksilberhaltige Leuchtmittel** sind Gasentladungslampen, die Licht durch energetische Anregung von Quecksilberatomen erzeugen. Dazu zählen Kompaktleuchtstofflampen (KLL), umgangssprachlich auch Energiesparlampen genannt, Leuchtstoffröhren (LStR), Sonderformen von Leuchtstoffröhren, Hochdruck-Quecksilberdampflampen und Kaltkathodenlampen (CCFL = Cold Cathode Fluorescent Lamp) zur Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen.

### Recycling von Leuchtmitteln

Die beim Herstellungsprozess sowie bei der kommunalen Sammlung anfallenden Leuchtmittel werden i. d. R. anschließend Recyclinganlagen zugeführt. Dabei kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, bei denen die Leuchtmittel in ihre Einzelbestandteile zerlegt werden, um später dem Rohstoffkreislauf wieder zugeführt zu werden.

## 3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten

Die im Recyclingbetrieb angelieferten Leuchtmittel sowie der Leuchtmittelbruch werden zunächst voneinander getrennt zwischengelagert, bevor der eigentliche Recyclingprozess erfolgt. Die Leuchtmittel werden, sofern notwendig, von Beschäftigten an einem Sortierplatz nach Leuchtmitteltypen sortiert. Anfallender Bruch wird in verschließbaren Behältern separiert.

Die verschiedenen Leuchtmitteltypen sowie den Bruch führen die Beschäftigten anschließend über Förderbänder den Recyclinganlagen zu. Diese sind in der Regel geschlossen und werden nur zur Störbeseitigung oder bei Reinigungsarbeiten betreten. In den Anlagen werden die Leuchtmittel und der Bruch in die einzelnen Fraktionen zerlegt (Leuchtstoff, Glas, Metalle, Elektronikschrott). Die Fraktionen sind bis zum Abtransport in geschlossenen Behältern außerhalb der Arbeitsbereiche zu lagern.

## 4 Gefahrstoffexposition

Nach Verordnung (EG) 1272/2008 zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) [5] ist Quecksilber (Hg) als Gefahrstoff eingestuft.

Tabelle 1: Einstufung und Kennzeichnung von Quecksilber nach CLP-Verordnung

Gefahrenklasse	Gefahren-kategorie	Piktogramm	H-Satz
Akute Toxizität, Einatmen	Kat. 2		H330, Lebensgefahr bei Einatmen
Reproduktionstoxizität	Kat. 1B		H360D, Kann das Kind im Mutterleib schädigen
Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition)	Kat. 1		H372, Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition
Akut und chronisch gewässergefährdend	Kat. 1		H400, Sehr giftig für Wasserorganismen  H410, Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

Zusätzlich ist Quecksilber mit dem Signalwort „Gefahr“ zu kennzeichnen.

In der TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ (AGW) [6] ist für Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen ein AGW in Höhe von 0,02 mg/m<sup>3</sup> festgelegt. Kurzzeitig (15-Minuten-Mittelwert) darf das Achtfache des o. g. Wertes (0,16 mg/m<sup>3</sup>) nicht überschritten werden (Spitzenbegrenzung Kategorie II).

Die Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 903 „Biologische Grenzwerte (BGW)“ [7] enthält für Quecksilber einen BGW in Höhe von 25 µg/g Kreatinin.

#### 4.1 Exposition bei Tätigkeiten

Bei Tätigkeiten mit intakten Leuchtmitteln besteht keine Exposition gegenüber Quecksilber und seinen anorganischen Verbindungen. Expositionen können auftreten, wenn zerbrochene Leuchtmittel angeliefert werden oder vor Ort Leuchtmittelbruch entsteht. Auch leere Sammelbehälter (Austauschbehälter) können zu Quecksilberemissionen führen, wenn sie Reste von Glasbruch und Leuchtmittelbeschichtungen enthalten.

In der Regel werden Leuchtmittel angeliefert, deren Herstellung Jahre zurückliegt und bei denen anzunehmen ist, dass ihr Quecksilbergehalt höher ist, als der zurzeit zugelassene. Die Beschränkung von Quecksilber/Quecksilberprodukten in Elektro-/Elektronikgeräten wird sich erst in einigen Jahren beim Recycling auswirken. Mit der europäischen RoHS-Richtlinie [8] sind für neu in den Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte Stoffverbote, zum Beispiel für Quecksilber, in Kraft getreten. Zu den zugelassenen Ausnahmen zählt u. a. die Verwendung von Quecksilber in Leuchtmitteln, dessen zulässige Höchstmenge stufenweise abgesenkt wird. Bei neu in Verkehr gebrachten Leuchtmitteln muss herstellereitig seit September 2010 der Quecksilbergehalt auf der

Verpackung angegeben werden. So darf seit Januar 2013 beispielsweise in einer KLL mit einer Leistung < 30 W der Quecksilbergehalt 2,5 mg nicht übersteigen. Im Handel sind bereits jetzt KLL verschiedener Hersteller erhältlich, die diese Werte deutlich unterschreiten (z. B. 1,5 mg). Stabförmige Standardleuchtstoffröhren dürfen seit Januar 2012 je nach Typ zwischen 3,5 und 7 mg Quecksilber enthalten. Hochdruckquecksilberdampflampen enthalten bis zu 30 mg Quecksilber und werden seit April 2015 nicht mehr in Verkehr gebracht (RoHS-Richtlinie 2011/65/EU, Anhang III) [8].

Im Vergleich: Barometer und ältere Blutdruckmessgeräte können bis zu mehreren Hundert Gramm metallisches Quecksilber enthalten, Fieberthermometer in der Regel bis zu einem Gramm [9].

Angelieferte Leuchtmittel, beispielsweise vor 2013 hergestellte Altlampen, enthalten keine Angaben zum Quecksilbergehalt.

Hauptaufnahmeweg von Quecksilber über die Dampfphase ist der Atemtrakt. Eine Aufnahme von flüssigem und gasförmigem elementarem Quecksilber durch die intakte Haut ist im Allgemeinen zu vernachlässigen. In den Verdauungstrakt gelangtes elementares Quecksilber wird nur sehr schlecht aufgenommen.

## 4.2 Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen

Grundlage der Auswertungen sind Messwerte zu Quecksilberexpositionen beim Recyceln von Leuchtmitteln. In den Jahren 2012 bis 2014 wurden dazu 30 Messungen in fünf Betrieben durchgeführt. Untersucht wurden Arbeitsbereiche innerhalb und außerhalb der Recyclinganlagen.

Die Messungen erfolgten in Anlehnung an die TRGS 402 [10] nach den in der IFA-Arbeitsmappe [11] aufgeführten Methoden. In Tabelle 2 sind für den Gefahrstoff Quecksilber die Anzahl der vorliegenden Messwerte, die Anzahl der Betriebe, der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW), der maximale Messwert sowie die 50- und 95-%-Werte ausgewiesen. Die Messwerte beziehen sich auf die Arbeitsschicht. Es wurden stationäre personenbezogene sowie personengetragene Messungen berücksichtigt.

Tabelle 2: Messergebnisse Quecksilber für den Zeitraum 2012 bis 2014

Gefahrstoff	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	AGW (mg/m <sup>3</sup> )	50-%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	95-%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	Maximaler Messwert (mg/m <sup>3</sup> )
Quecksilber	30	5	0,02	0,006	0,015	0,018

Alle Messwerte lagen unterhalb des AGW. Messungen innerhalb der Recyclinganlage, z. B. bei Reinigungsarbeiten, wurden bei der in Tabelle 2 dargestellten Statistik nicht berücksichtigt. Aufgrund ihrer Höhe werden sie getrennt betrachtet.

Zusätzlich zu den Expositionsmessungen an der Person erfolgten in zwei Betrieben neun stationäre und zwei personengetragene Messungen direkt in der Anlage bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten. Die Messwerte lagen zwischen 0,010 und 0,22 mg/m<sup>3</sup>. Sieben Messwerte lagen oberhalb des AGW von 0,02 mg/m<sup>3</sup>.

## 5 Schutzmaßnahmen

An Recycling-Arbeitsplätzen sind allgemeine Schutzmaßnahmen nach GefStoffV einzuhalten. Grundsätzlich sind die in der TRGS 500 [12] beschriebenen allgemeinen arbeitshygienischen Grundsätze zu beachten.

### 5.1 Anlieferung/Trennung/Sortierung

Unbeschädigte Leuchtmittel werden auf Paletten oder in Gitterboxen gelagert, sodass Bruch weitgehend vermieden wird. Sollte Bruch entstehen, ist dieser umgehend mit einem Kehrbesen und einer Kehrschaufel vorsichtig aufzunehmen und in speziellen verschließbaren Behältern zu lagern. Kehrbesen und Kehrschaufel sind nur für diesen Zweck zu verwenden und entsprechend zu kennzeichnen.

Leuchtmittelbruch, z. B. Ausschuss aus der Herstellung, wird in der Regel in sogenannten Big-Bags angeliefert. Diese Big-Bags sowie beschädigte Leuchtmittel sind in separaten Lagerbereichen außerhalb von Arbeitsbereichen zu lagern, z. B. überdacht im Freien.

### 5.2 Aufgabe/Schredderanlage/Zerkleinern

Die beim Schreddervorgang freiwerdenden Quecksilberdämpfe sind an der Entstehungsstelle zu erfassen und aus dem Arbeitsbereich zu führen. Kann eine vollständige Erfassung der Quecksilberdämpfe nicht sichergestellt werden, ist eine raumluftechnische Anlage erforderlich.

Werden in der Recyclinganlage Aktivkohlefilter zur Erfassung der Quecksilberemissionen eingesetzt, sind diese regelmäßig zu warten. Es ist sicherzustellen, dass beladene Filter rechtzeitig ausgetauscht und ordnungsgemäß entsorgt werden.

Im Bereich der manuellen Aufgabe zur Recyclinganlage sind grundsätzlich Schutzhandschuhe zur Vermeidung von Schnittverletzungen sowie Schutzbrille und Gehörschutz zu tragen.

Soweit man sich in Bereiche innerhalb der Recyclinganlage begibt, z. B. beim Wechseln von Big-Bags oder bei Störungsbeseitigung, ist zusätzlich Atemschutz mit einem Hg-P3-Filter zu tragen (s. Abbildung).



Abbildung1: Beispiel einer Halbmaske mit Hg-P3-Filter

### **5.3 Reinigungsarbeiten**

Leuchtmittelbruch, der bei Tätigkeiten vor der eigentlichen Recyclinganlage entsteht, ist umgehend mit einem Kehrbesen und einer Kehrschaufel vorsichtig aufzunehmen und in speziellen verschließbaren Behältern zu lagern. Kehrbesen und Kehrschaufel sind nur für diesen Zweck zu verwenden und entsprechend zu kennzeichnen.

Der Arbeitsbereich ist regelmäßig, mindestens einmal zum Schichtende, feucht zu reinigen. Mit Quecksilber kontaminierte Putzlappen sind in verschließbaren Behältern zu sammeln und fachgerecht zu entsorgen.

## **6 Anwendungshinweise**

Die Anwenderin oder der Anwender dieser Expositionsbeschreibung muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser Expositionsbeschreibung. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 GefStoffV.

Die Expositionsbeschreibung gibt dem Betrieb praxismgerechte Hinweise, wie die Quecksilberexpositionen für die Beschäftigten minimiert werden können.

Werden die Verfahrensparameter sowie die Schutzmaßnahmen eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass das Minimierungsgebot nach § 7 Abs. 4 der GefStoffV erfüllt ist.

Im Rahmen der vollständigen Gefährdungsbeurteilung ist zur Befundsicherung für die Exposition gegenüber Quecksilber an ständigen Arbeitsplätzen außerhalb der Recyclinganlagen eine Gefahrstoffmessung notwendig.

Bei Anwendung dieser Expositionsbeschreibung bleiben andere Anforderungen der GefStoffV, insbesondere die Informationsermittlung (§ 6) und die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 7), bestehen.

## **7 Überprüfungen**

Diese Expositionsbeschreibung wurde im Juli 2016 von der BGHW, der BG ETEM und der VBG fertiggestellt. Sie wird in regelmäßigen Abständen überprüft. Notwendige Änderungen werden veröffentlicht.

## 8 Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. November 2016 (BGBl. I S 2549).
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe 600 „Substitution (TRGS 600)“. Ausgabe: August 2008. GMBI. Nr. 46/47 vom 22.09.2008, S. 970-989.
- [3] Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1739), das zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1739) geändert worden ist <http://www.bmub.bund.de/P4112/>.
- [4] Sammlung und Recycling Entladungslampen 2008. Broschüre der Arbeitsgemeinschaft Lampenverwertung (AGLV). Hrsg.: Fachverband Elektrische Lampen, Arbeitsgemeinschaft Lampenverwertung (AGLV), ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt am Main 2008. <http://www.zvei.org/Verband/Publikationen/Seiten/Sammlung-und-Recycling-Entladungslampen-2008.aspx>.
- [5] CLP-Verordnung: Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen vom 16. Dezember 2008, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006..
- [6] Technische Regel für Gefahrstoffe 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900)“. Ausgabe: Januar 2006, geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 886-889 [Nr. 45] vom 04.11.2016.
- [7] Technische Regel für Gefahrstoffe 903 „Biologische Grenzwerte (BGW) (TRGS 903)“. Ausgabe: Februar 2013, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2015 S. 1189-1190 [Nr. 60] vom 06.11.2015.
- [8] Richtlinie 2002/95/EG (Restriction of the Use of Hazardous Substances, RoHS) ersetzt durch die Richtlinie 2011/65/EU, national umgesetzt durch die Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung – ElektroStoffV) vom 19. April 2013 (BGBl. I S. 1111), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 04. Juli 2016 (BGBl. I S. 1581) geändert worden ist.
- [9] NEWMOA, Northeast Waste Management Officials' Association – MERCURY USE IN MEASURING DEVICES – [http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring\\_devices.cfm](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring_devices.cfm), last modified 02/17/2011.
- [10] Technische Regel für Gefahrstoffe 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402)“. Ausgabe: Februar 2010, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 843-846 vom 21.10.2016 [Nr. 43].

- [11] IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 2011 – Losebl.-Ausg.
- [12] Technische Regel für Gefahrstoffe 500 „Schutzmaßnahmen (TRGS 500)“. Ausgabe: Januar 2008, ergänzt: Mai 2008.