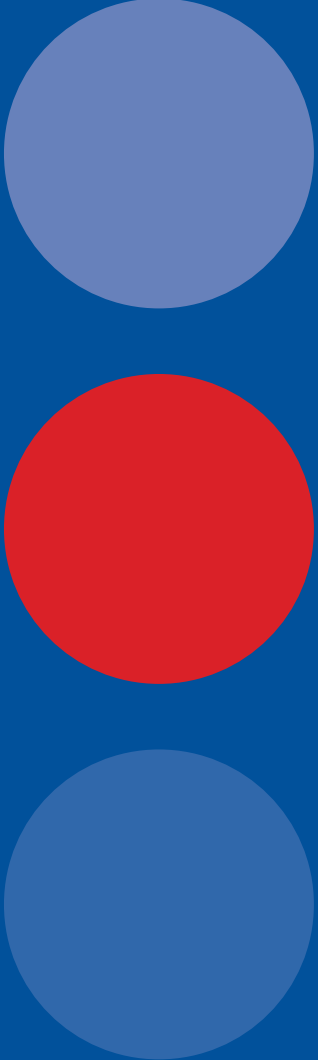


213-732

DGUV Information 213-732



Quecksilberexpositionen bei der Sammlung von Leuchtmitteln

Empfehlungen Gefährdungsermittlung
der Unfallversicherungsträger (EGU)
nach der Gefahrstoffverordnung

Verfahrens- und stoffspezifisches Kriterium (VSK)
nach der TRGS 420

kommmit**mensch** ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von:
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-6132
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Gefahrstoffe des Fachbereichs
Rohstoffe und chemische Industrie der DGUV

Ausgabe: Dezember 2018

DGUV Information 213-732
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungs-
träger oder unter www.dguv.de/publikationen

Quecksilberexpositionen bei der Sammlung von Leuchtmitteln

Empfehlungen Gefährdungsermittlung
der Unfallversicherungsträger (EGU)
nach der Gefahrstoffverordnung

Verfahrens- und stoffspezifisches Kriterium (VSK) nach der TRGS 420

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorbemerkung	5	Anhang 1	
1 Allgemeines	6	Nachstellende Untersuchungen in einer Prüfkammer des Institutes für Arbeitsschutz (IFA)	23
2 Anwendungsbereich und Hinweise	7	Anhang 2	
3 Begriffsbestimmungen	8	Bilder von Sammelbehältern für entsorgte quecksilberhaltige Leuchtmittel	30
4 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten	9	Anhang 3	
5 Gefährdungsermittlung und Beurteilung ...	10	Exposition bei Tätigkeiten mit Leuchtmitteln – Biomonitoring	32
5.1. Gefahrstoffe	10	Anhang 4	
5.2. Verwendung von Quecksilber in Leuchtmitteln	10	Quecksilber in der Außenluft/Innenraumlufte	33
5.3. Gefahrstoffexposition	11	Anhang 5	
5.3.1. Aufnahmewege von Quecksilber	11	Beispiel – Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit Lampenbruch	34
5.3.2. Exposition bei Tätigkeiten mit Leuchtmitteln	11		
5.3.3. Beschreibung der Messverfahren	11		
5.3.4. Messergebnisse	13		
6 Schutzmaßnahmen und Wirksamkeitsprüfung	16		
6.1. Substitution	16		
6.2. Technische Schutzmaßnahmen	16		
6.3. Organisatorische Schutzmaßnahmen	17		
6.4. Persönliche Schutzmaßnahmen	18		
6.5. Arbeitsmedizinische Vorsorge	18		
7 Literaturverzeichnis	19		
8 Weitere Informationsquellen	22		

Vorbemerkung

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) werden in Zusammenarbeit mit der antragstellenden Organisation erarbeitet von

- den gesetzlichen Unfallversicherungsträgern (UVT) und
- dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) gemeinsam mit
- der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und
- gegebenenfalls weiteren Messstellen z. B. der Bundesländer.

Sie werden herausgegeben durch das Sachgebiet „Gefahrstoffe“, Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) und in das Regelwerk unter der Bestellnummer DGUV Information 213 701 ff. aufgenommen. Darüber hinaus erfolgt eine Verbreitung über das Internet sowie branchenbezogen durch die einzelnen Unfallversicherungsträger.

Diese Empfehlungen wurden 2016 erarbeitet in Zusammenarbeit mit:

- der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik,
- der Berufsgenossenschaft für Verkehrswirtschaft, Post-Logistik, Telekommunikation,
- der Berufsgenossenschaft Gesundheitsdienst und der Wohlfahrtspflege,
- der Unfallkasse Hessen,
- der Unfallkasse Nord,
- der Unfallkasse NRW,
- der Unfallkasse Rheinland-Pfalz,
- DGUV, Abteilung SiGe,
- Verwaltungs-Berufsgenossenschaft,
- der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und
- der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Für die Mitwirkung und Unterstützung während der Expositionsmessungen danken wir allen beteiligten Betrieben.

1 Allgemeines

Maßnahmen aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [1] und dem 7. Sozialgesetzbuch (SGB VII) [2] gegen arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren werden in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [3] und den zugehörigen Technischen Regeln konkretisiert sowie durch Vorschriften, Regeln und Informationen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) erläutert.

Die in den Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach GefStoffV beschriebenen Verfahren, Tätigkeiten und Schutzmaßnahmen sind vorrangig auf die GefStoffV gerichtet. Die Arbeitsstätte und die Verwendung von Arbeitsmitteln sind in einer Gefährdungsbeurteilung gemäß der Verordnung über Arbeitsstätten (ArbStättV) [4] und der Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (BetrSichV) [5] gesondert zu betrachten. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist in Absprache mit dem zuständigen Betriebsarzt oder der Betriebsärztin die arbeitsmedizinische Vorsorge gemäß der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) festzulegen [6].

Die GefStoffV fordert die Unternehmen unter anderem auf, Gefahrstoffe durch nicht oder weniger gefährliche Stoffe oder Verfahren zu ersetzen. Ist dies nicht möglich, ist Art und Ausmaß der Exposition der Beschäftigten zu bewerten. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder gleichwertige, auch nichtmesstechnische Ermittlungsverfahren erfolgen. EGU nach GefStoffV sind eine Hilfe bei der Gefährdungsbeurteilung, da sie für abzuleitende Schutzmaßnahmen und deren Wirksamkeitsüberprüfung entsprechend der Technischen Regel für Gefahrstoffe 400 – Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400) [7] herangezogen werden können.

Darüber hinaus können diese EGU als nichtmesstechnisches Verfahren bei der Informationsermittlung und Durchführung der Expositionsbewertung nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402) [8] verwendet werden. Somit können Unternehmen den eigenen Ermittlungsaufwand erheblich reduzieren. Dies ist insbesondere bei messtechnischen Ermittlungen von Bedeutung, die im Einzelfall ganz entfallen können.

Quecksilberhaltige Leuchtmittel sind Elektronikschrott im Sinne des Gesetzes über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG) [9]. Im ElektroG ist die Sammlung von zu entsorgenden quecksilberhaltigen Leuchtmitteln sowie Elektronikaltgeräten geregelt. Private und gewerbliche Verbraucher sind verpflichtet, die genannten Produkte getrennt vom Hausmüll zu entsorgen. Nach § 13 ElektroG sind die Kommunen und Landkreise verpflichtet, Sammelstellen hierfür einzurichten. Der Handel muss ab 400 m² Verkaufsfläche für Privatverbraucher die Rücknahme gebrauchter Leuchtmittel anbieten.

Pro Jahr werden gemäß den Angaben der Stiftung Elektroaltgeräteregister (ear) bis zu 10.000 t quecksilberhaltige Leuchtmittel dem Recycling zugeführt. Diese Sammelmenge stammt aus bundesweit ca. 5.000 Kleinmengensammelstellen, ca. 400 Großmengensammelstellen sowie von Großbetrieben.

2 Anwendungsbereich und Hinweise

Diese EGU geben dem Betrieb praxisgerechte Hinweise, wie sichergestellt werden kann, dass die Grenzwerte für Quecksilber, wie der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) und Kurzzeitwert nach TRGS 900 [10] sowie der Biologische Grenzwert (BGW) nach TRGS 903 [11] eingehalten sind oder anderweitig davon ausgegangen werden kann, dass ein Stand der Technik erreicht ist. Werden die Verfahrensparameter sowie die Schutzmaßnahmen eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass das Minimierungsgebot nach § 7 Abs. 4 der GefStoffV erfüllt wird.

Diese EGU gelten für die Sammlung von quecksilberhaltigen Leuchtmitteln in Betrieben, zum Beispiel des Handels und Handwerks (Elektriker) sowie kommunalen Sammelstellen, Schadstoffmobilen und Servicefahrzeugen.

Diese EGU gelten nicht für die Sammlung von anderen quecksilberhaltigen Geräten, wie z. B. Thermometern und Barometern, oder Bauteilen, wie z. B. Schalter. Sie gelten zudem nicht für den Transport durch Logistikunternehmen zum Recycling und den darauf folgenden Arbeitsschritten.

Bei Anwendung von EGU bleiben andere Anforderungen der GefStoffV, insbesondere die Informationsermittlung (§ 6), die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 7), die Verpflichtung zur Erstellung von Betriebsanweisungen und zur regelmäßigen Unterweisung der Beschäftigten (§ 14) bestehen.

In dieser EGU werden ausschließlich die inhalativen Gefährdungen behandelt. Es können auch andere Gefährdungen auftreten, z. B. Schnittverletzungen durch Lampenbruch. Diese sind in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen. Orale, dermale und Brand- und Explosionsgefährdungen treten bei der Sammlung von ausgesonderten quecksilberhaltigen Leuchtmitteln nicht auf.

Die Anwenderin oder der Anwender dieser EGU muss bei Änderungen im Arbeitsbereich oder bei Verfahrensänderungen sofort und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Aktualität der Voraussetzungen prüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser Empfehlungen. Die Prüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 der GefStoffV.

Als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung sind auch Methoden und Fristen zur Überprüfung der Wirksamkeit bestehender und zu treffender Schutzmaßnahmen festzulegen. Grundsätze hierzu sind umfassend in der TRGS 500 [12] beschrieben, Besonderheiten dazu werden in den EGU in Nummer 6 ausgeführt.

3 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Empfehlungen werden folgende Begriffe bestimmt:

Quecksilberhaltige Leuchtmittel

Quecksilberhaltige Leuchtmittel sind Gasentladungslampen, die Licht durch energetische Anregung von Quecksilberatomen erzeugen. Darunter versteht man Kompaktleuchtstofflampen (KLL) umgangssprachlich auch Energiesparlampen genannt, Leuchtstoffröhren (LStR), Sonderformen von Leuchtstoffröhren, Hochdruckquecksilberdampflampen und Kaltkathodenlampen (CCFL = Cold Cathode Fluorescent Lamp) zur Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen.

Sammelstellen

Sammelstellen sind Kleinmengen- und Großmengensammelstellen (auch innerbetriebliche und mobile Entsorgungsstellen).

Sammeln von Leuchtmitteln

Unter Sammeln (Entsorgen) von Leuchtmitteln ist im Sinne dieser EGU die Annahme von Leuchtmitteln, das Sortieren und das Einlagern in Behältern, das Zwischenlagern sowie Transportvorgänge zu verstehen.

Sammelbehälter

Sammelbehälter, die während des Messprogramms im praktischen Einsatz waren, sind Behälter mit einem Fassungsvermögen kleiner 2 m³, zum Beispiel:

- Rungenpalette,
- Gitterbox,
- Metallbox,
- Kunststoffbehälter,
- Kartonage,
- Leuchtstoffröhrencontainer (LRC) sowie
- betriebseigene Sonderformen von Sammelbehältern.

Bilder von Sammelbehältern sind in Anhang 2 enthalten.

4 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten

Bei der Sammlung von Leuchtmitteln schwankt die angelieferte Menge quecksilberhaltiger Leuchtmittel pro Tag sehr stark. Expositionsbestimmend im Sammelbereich sind die Anzahl der als Bruch angelieferten und der bei den Tätigkeiten zerbrechenden Leuchtmittel. Folgende Tätigkeiten fallen an:

Annahme:

- Die Abgabe von Leuchtmitteln auf den Sammelstellen erfolgt durch die Kundschaft.
- Die Annahme und das tatsächliche Einlagern in die Sammelbehälter können durch die Kundschaft oder durch Beschäftigte erfolgen. In den Fällen in denen die Kundschaft direkt einlagert, geben die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen nur Hinweise und haben überwachende Aufgaben.
- Die Trennung in folgende Fraktionen erfolgt zu meist direkt bei der Annahme:
 - Leuchtstoffröhren,
 - Energiesparlampen und Sonderbauformen,
 - Bruch (mechanisch zerstörte Leuchtmittel).

Sortieren:

Vor dem Abtransport zum Recyclingunternehmen oder zur Großmengensammelstelle können ggf. Sortiertätigkeiten anfallen. Dazu werden die angelieferten quecksilberhaltigen Leuchtmittel sortenrein (z. B. gleiche Länge/Form) in Sammelbehälter eingelagert. Dabei entstehender Bruch des mit Leuchtstoff belegten Glaskörpers wird vornehmlich separat in dafür vorgesehenen, verschließbaren Behältern (üblicherweise Spannringdeckelfass) erfasst.

Einlagern:

- Die mit Leuchtmitteln gefüllten Behälter werden ggf. innerbetrieblich transportiert und in einem Zwischenlager bis zum Abtransport durch das Logistikunternehmen gelagert.
- Auf Wertstoffhöfen wird Bruch in verschlossenen Behältnissen zu meist im Gefahrstofflager gelagert.
- Der im Handel gesammelte Leuchtmittelbruch wird in verschlossenen Behältern in ausreichend belüfteten Lagern gelagert.

Transport zum Recycling:

Der Transport zum Recycling erfolgt über Logistikunternehmen.

5 Gefährdungsermittlung und Beurteilung

5.1. Gefahrstoffe

Quecksilber hat die EG-Nr. 231-106-7 und die CAS-Nr. 7439-97-6. Nach der Verordnung (EU) 1272/2008 zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (CLP-Verordnung) [13] ist Quecksilber (Hg) als Gefahrstoff eingestuft.

5.2. Verwendung von Quecksilber in Leuchtmitteln

Mit der europäischen RoHS-Richtlinie sind für neu in den Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte Stoffverbote unter anderem für Quecksilber in Kraft getreten [14].

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

Gefahrenklasse	Gefahrenkategorie	Piktogramm	H-Satz
Akute Toxizität, Einatmen	Kat. 1		H330, Lebensgefahr bei Einatmen
Reproduktionstoxizität	Kat. 1B		H360 D, 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

* Mindesteinstufung bzw. Herstellerangaben – Quelle: www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank

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

Grenzwerte und Bemerkungen

In der TRGS 900 ist für Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen ein AGW in Höhe von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt. Kurzzeitig (15-Minuten Mittelwert) darf das Achtfache (Spitzenbegrenzung 8, Kategorie II) des o.g. Wertes, also $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nicht überschritten werden.

Zusätzlich enthält der Eintrag zu Quecksilber in der TRGS 900 die Bemerkung „Hautresorption und Hautsensibilisierung (H, Sh)“.

Die TRGS 903 enthält für Quecksilber einen BGW in Höhe von $25 \mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin im Urin.

Ausnahmen von den Stoffverboten sind zugelassen z. B. für die Verwendung von Quecksilber in Leuchtmitteln, dessen zulässige Höchstmenge stufenweise abgesenkt wurde. So darf beispielsweise seit Januar 2013 in einer KLL mit einer Leistung $< 30 \text{ W}$ der Quecksilbergehalt $2,5 \text{ mg}$ nicht übersteigen. Im Handel sind KLL verschiedener Hersteller erhältlich, die diese Werte deutlich unterschreiten (z. B. $1,5 \text{ mg}$). Stabförmige Standardleuchtstoffröhren dürfen seit Januar 2012 je nach Typ zwischen $3,5 \text{ mg}$ und 7 mg Hg enthalten.

Hochdruckquecksilberdampflampen enthalten bis zu 30 mg Quecksilber und werden seit April 2015 nicht mehr in den Verkehr gebracht.

Bei neu in Verkehr gebrachten Leuchtmitteln muss herstellerseitig seit September 2010 der Quecksilbergehalt auf der Verpackung angegeben werden.

Die Beschränkung von Quecksilber/Quecksilberprodukten in Elektro-/Elektronikgeräten wird sich erst in einigen Jahren an Sammelstellen auswirken.

Im Vergleich: Barometer und ältere Blutdruckmessgeräte können bis zu mehreren Hundert Gramm metallisches Quecksilber enthalten, Fieberthermometer in der Regel bis zu einem Gramm [15].

5.3. Gefahrstoffexposition

5.3.1. Aufnahmewege von Quecksilber

Der Hauptaufnahmeweg von Quecksilber erfolgt aus der Dampfphase über den Atemtrakt. Eine Aufnahme von flüssigem und gasförmigem elementarem Quecksilber durch die intakte Haut ist im Allgemeinen zu vernachlässigen [16]. Durch die üblichen Maßnahmen der Arbeitsplatzhygiene wird vermieden, dass das Metall von Oberflächen, Kleidung oder Schutzhandschuhen über die Hände in die Mundhöhle verschleppt und verschluckt wird (§ 8 GefStoffV, TRGS 500) [12].

5.3.2. Exposition bei Tätigkeiten mit Leuchtmitteln

Bei Tätigkeiten mit intakten Leuchtmitteln besteht keine Exposition gegenüber Quecksilber und seinen anorganischen Verbindungen.

Expositionen können auftreten, wenn Leuchtmittel zerbrechen, zerbrochene Leuchtmittel transportiert/angeliefert werden oder wenn vor Ort (in der Sammelstelle) versehentlich oder absichtlich Bruch erzeugt wird. Auch entleerte Sammelbehälter (Austauschbehälter) können zu Quecksilberemissionen führen, wenn sie Reste von Glasbruch und Leuchtmittelbeschichtungen enthalten [17].

In der Regel arbeiten in Sammelstellen ein bis zwei Beschäftigte pro Schicht, die neben anderen Wertstoffen auch zu entsorgende Leuchtmittel annehmen. Das tatsächliche Ablegen der quecksilberhaltigen Leuchtmittel in die Sammelbehälter erfolgt in der Regel durch die Kundschaft und ggf. durch Beschäftigte der Sammelstelle. Die Beschäftigten geben nur Hinweise und haben überwachende Aufgaben. Das Ablegen einer oder auch mehrerer KLL/LStR in einen Behälter dauert weniger als eine Minute, daher liegt die tatsächliche Expositionsdauer pro Schicht im Minutenbereich und auch bei Anlieferung großer Mengen, übersteigt sie keinesfalls eine Stunde/Schicht.

Im Handel sind die Expositionsdauern vergleichbar.

In Arbeitsbereichen in denen LStR/KLL sortiert werden, kann die Expositionsdauer der Beschäftigten zwischen fünf und acht Stunden (Schichtlänge) betragen, je nach Öffnungszeit der Sammelstelle.

5.3.3. Beschreibung der Messverfahren

Die Messungen erfolgten in Anlehnung an die TRGS 402 nach den in der IFA-Arbeitsmappe mit Kennziffer 8530 aufgeführten Methoden sowie mit direktanzeigender Messtechnik [18]. Für kurzzeitige Expositionseignisse (Expositionsspitzen) wurde in Einzelfällen direktanzeigende Quecksilberanalysatoren (Fa. EPM, Modell 791.905) eingesetzt.

Für die Ermittlung der Schichtmittelwerte hat die BAuA ein modifiziertes Messverfahren unter Anwendung der Sammlung auf Hopcalit mit anschließender Bestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) mit Amalgamtechnik eingesetzt.

Ein weiteres Messverfahren zur Ermittlung von Messwerten wurde durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg entsprechend der Richtlinie VDI 2267 Bl. 8 „Messen der Massenkonzentration von Quecksilber – Probenahme durch Sorption als Amalgam und Bestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie mit Kaltdampftechnik“ angewendet [19].

Die Bestimmungsgrenzen der eingesetzten Verfahren sind in Tabelle 2 (2 a, 2b) dargestellt.

Tabelle 2 a Bestimmungsgrenzen des verwendeten direkt anzeigenden Messgerätes zur Bestimmung von Quecksilber

Kriterien	IFA
Probenahmesystem	Fa. Environmental Process Monitoring, Modell 791.905 Fa. Seefelder Messtechnik, Hg-Monitor 2000 UV-Lichtabsorption bei 254 nm
Messbereich	0 bis 2000 µg Hg ⁰ /m ³
Bestimmungsgrenze, µg/m ³	≤ 2 µg Hg ⁰ /m ³

Für die Auswertung der Messdaten wurden stationäre, stationäre personenbezogene (siehe Abbildung 1) sowie personengetragene Messungen berücksichtigt.

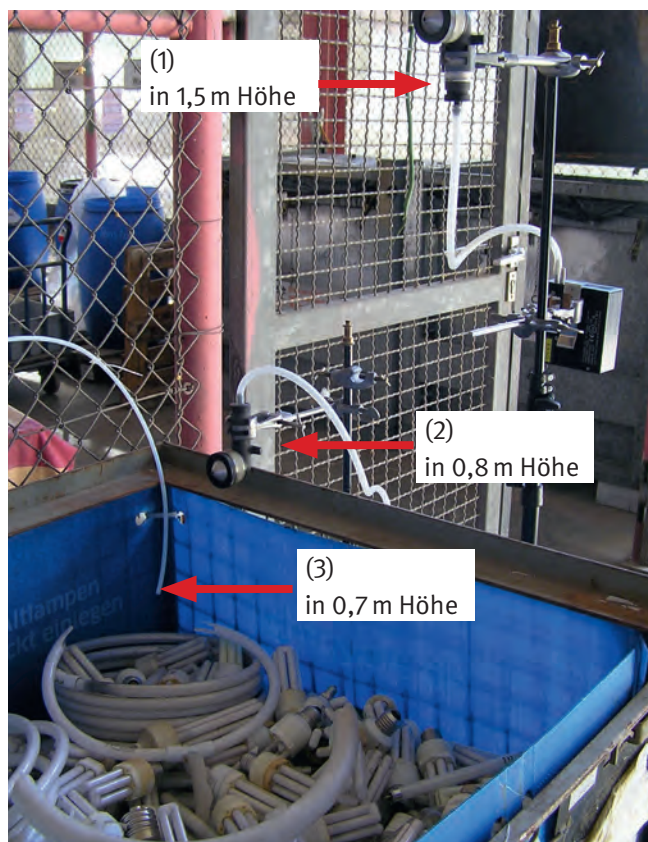


Abb. 1 Beispiel einer stationären personenbezogenen Probenahme (1), inklusive einer stationären (2) und einer direkt-anzeigenden Messung (3) an der Quelle im Sammelbehälter

Tabelle 2b Bestimmungsgrenzen in Abhängigkeit von den Probenahmesystemen zur Bestimmung von Quecksilber

Kriterien	IFA	BAuA	LUBW
Probenahmesystem	PAS-Pumpe	GiAir plus	
Probenträgerart	Glaskartusche gefüllt mit 1 g Carulite/ Quarzfaserfilter/ 1 g Carulite/ 0,5 g Carulite	Sammelröhrchen gefüllt mit Hopcalite (Anasorb® C300, Carulite® (HYDRAR)), standardisiert 6 x 70 mm, Füllung 200 mg, 20/40 mesh (Quelle SKC, Analyt MTC Müllheim)	Sorptionsröhrchen aus Quarzglas mit Gold/ Platin-Netz
Probenträger-Durchmesser, mm	15 (Innendurchmesser)	6	6 (Innendurchmesser = 3,5)
Volumenstrom, l/min	1	0,25	0,2
Probenahmedauer, h	2	2	1
Bestimmungsgrenze, µg/m ³	0,21	0,01	0,01

5.3.4. Messergebnisse

Grundlage der statistischen Auswertungen sind Messwerte zu Quecksilberexpositionen beim Sammeln einschließlich Sortieren von Leuchtmitteln am Arbeitsplatz.

Dazu wurden in den Jahren 2012 bis 2015 insgesamt 291 Messwerte in 49 Betrieben erhoben, deren Probenahmedauer repräsentativ für die Expositionsdauer ist. [17, 20]

Untersucht wurden Sammelstellen im Freien und in geschlossenen und teilweise geschlossenen Räumen bei folgenden Tätigkeiten:

- Annahme der Leuchtmittel auf dem Wertstoffhof, im Schadstoffmobil, im Verkaufsraum,
- Lagern, Zwischenlagern, innerbetrieblicher Transport auf dem Wertstoffhof,
- Sortieren bzw. Umsortieren zur Vorbereitung für den Sammeltransport, Verladen.

Beim innerbetrieblichen Transport bzw. beim Sammeltransport können durch die Erschütterungen während des Transports und der Zerstörung einzelner Leuchtmittel während der Ladevorgänge Quecksilberexpositionen auftreten, die auf den dabei entstehenden Bruch zurückzuführen sind. Die zugehörigen Messwerte ($< 1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) werden in der Tabelle nicht getrennt ausgegeben.

In Tabelle 3 sind für Quecksilber die Anzahl der vorliegenden Messwerte, die Anzahl der Betriebe, die Anzahl der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG), der Median, die 95 %-Werte und die Maximalwerte für die Exposition ausgewiesen.

Die Messwerte beziehen sich sowohl auf die Arbeitsschicht (Expositionsdauer größer sechs Stunden/Schicht) als auch auf kurzzeitige Tätigkeiten (Expositionsdauer 15-20 Minuten bzw. zwischen einer und fünf Stunden/Schicht). Die Auswertung der Messergebnisse lässt aufgrund der insgesamt niedrigen Konzentrationen für Quecksilber die Schlussfolgerung zu, dass kein signifikanter Expositionsunterschied zwischen den unterschiedlichen Expositionsdauern vorliegt.

Eine Differenzierung nach Art der Probenahme ergab keinen signifikanten Unterschied. Auswertekriterien der durchgeführten Arbeitsplatzmessungen sind:

- Standardverfahren im Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU) und weitere Messverfahren, die im Kapitel 5.3.3. genannt sind,
- Luftproben mit Expositionsbezug,
- Probenahmen repräsentativ für die Expositionsdauer,
- Repräsentative betriebliche Situationen.

Kollektive mit weniger als zehn Messdaten werden statistisch nicht ausgewertet.

Tabelle 3 Messergebnisse für Quecksilber für den Zeitraum 2012 bis 2015, differenziert nach Messort und nach Arbeitsbereichen.

Messort	Arbeitsbereich	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Werte < BG* %	Median (µg/m³)	95 % - Wert * (µg/m³)	Max = - Wert (µg/m³)
Alle	Alle Sammelstellen	291	49	24,1	0,055	3,4	14
im Freien	Annahme	104	13	23,1	0,03	0,536	5,46
im Freien	Wertstoffhof	19	4 **	42,1	0,01	0,077	0,4
im Freien	Lager, Verladen Abfallzwischenlager innerbetrieblicher Transport, Gabelstapler etc.	11	7	36,4	0,055	1,58	3,4
im Raum	Annahme, Verkaufsraum	29	10	51,7	0,07	+ 0,15	0,16
im Raum	Schadstoffmobil	5 ***	2 **		0,61		3
im Raum	Wertstoffhof, innerbetrieblicher Transport, Gabelstapler etc., Sammeltransport	16	10	12,5	0,4	6,67	11
im Raum	Lager	45	18	22,2	0,105	1	5,2
im Raum	Umsortieren	25	6	12	2,57	6,77	14
nicht raumbezogen	Wertstoffhof, Verladen	37	7	10,8	0,08	0,94	2,02

- + Der Verteilungswert liegt unterhalb der höchsten Bestimmungsgrenze (BG) im Datenkollektiv.
Die BG kann, z. B. in Abhängigkeit von der Probenahmedauer oder dem Volumenstrom, variieren.
- * Liegen Analysenergebnisse unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze (BG), dann geht der Wert der halben BG in die Statistik ein.
- ** Die Daten von weniger als fünf Betrieben sind möglicherweise nicht geeignet, eine gesamte Branche oder einen gesamten Bereich zu repräsentieren.
- *** Das Kollektiv enthält weniger als 10 Messwerte. Daher werden keine Perzentile und keine Grafiken ausgegeben.

Bei den Messungen im Lager (Gefahrstofflager im Sinne der TRGS 510) liegen 19 Messwerte vor, deren 95 %-Wert $0,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und der Maximalwert $0,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt.

Alle Messwerte der oben genannten Datenkollektive liegen unterhalb des AGW in Höhe von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

97 % aller Messwerte sind $\leq 1/4$ AGW, 92 % sind $\leq 1/10$ AGW und 24 % aller Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Alle 15-Minuten-Mittelwerte lagen deutlich unterhalb des Kurzzeitwertes (KZW) nach TRGS 900 in Höhe von $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selbst bei Messungen direkt an der Quelle, konnten keine Überschreitungen des KZW gemessen werden (siehe Beispiel in Abbildung 2).

Aus dem von der BAuA in kommunalen Sammelstellen durchgeführten Biomonitoring konnte keine erhöhte innere Quecksilberbelastung bei den Beschäftigten durch die berufliche Tätigkeit an den Sammelstellen festgestellt werden (Ergebnisse siehe Anhang 3).

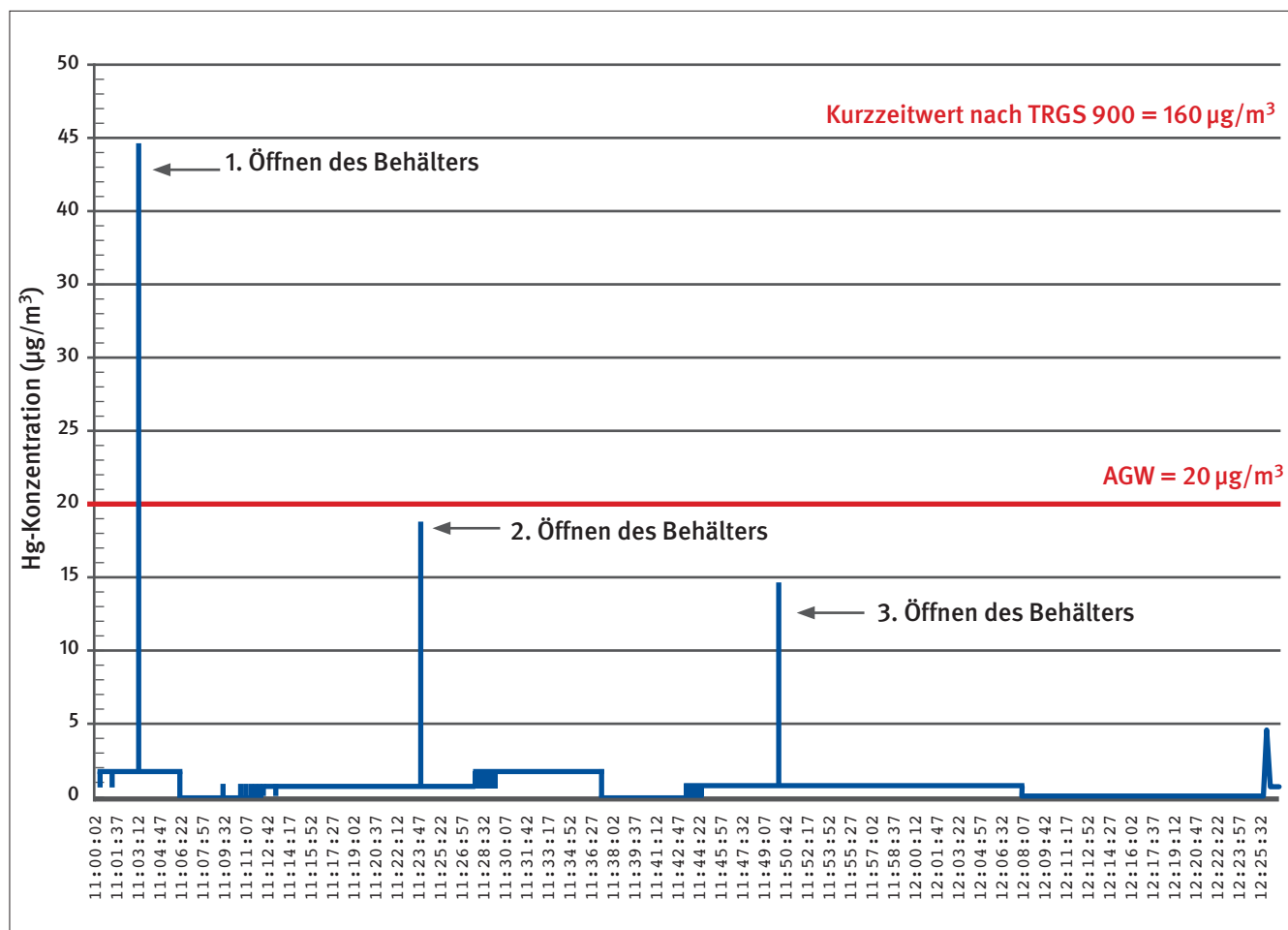


Abb. 2 Arbeitsplatzmessung mit einem direktanzeigenden Messgerät am Rand eines Sammelbehälters (Spanningdeckelfass).

6 Schutzmaßnahmen und Wirksamkeitsprüfung

Die Schutzmaßnahmen orientieren sich am Schutzziel. Grundvoraussetzung für sicheres Arbeiten ist hier die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) für Quecksilber und seiner anorganischen Verbindung.

Die in dieser EGU dargestellten Messergebnisse zeigen, dass die Expositionen bei Tätigkeiten an Arbeitsplätzen in Sammelstellen so niedrig sind, dass der AGW eingehalten wird. Selbst Maximalwerte liegen unterhalb des AGW. Außerdem kann dadurch die dermale und die orale Aufnahme von Quecksilber vermieden werden.

Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen (Substitution, Technik, Organisation, Persönlich) ist in der GefStoffV und in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe genannt.

6.1. Substitution

An erster Stelle der Schutzmaßnahmen steht der Einsatz von Ersatzstoffen und Ersatzverfahren, die ein geringeres gesundheitliches Risiko aufweisen. Diese Methode der Gefährdungsminimierung ist bei der Sammlung/Entsorgung von quecksilberhaltigen Leuchtmitteln nicht anwendbar. In der Regel werden Leuchtmittel angeliefert, deren Herstellung Jahre zurückliegt und bei denen anzunehmen ist, dass der Quecksilbergehalt höher war, als der zurzeit gesetzlich zugelassene. Angelieferte Leuchtmittel (Altlampen Herstellungsjahr vor 2013) enthalten keine Angaben zum Quecksilbergehalt.

Bei der Sammlung von Leuchtmitteln können sowohl die Behälterart (z. B. Metallbehälter) als auch die gemischte Sammlung (z. B. Sonderformen und Stabformen in einem Behälter) und der Transport Bruch erzeugen.

Es empfiehlt sich daher diese Behälterarten nicht zu verwenden und Stabformen größer 80 cm Länge getrennt von Sonderformen zu sammeln.

Nachfolgend werden Schutzmaßnahmen beschrieben, die nach bisherigem Wissen die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes für Quecksilber erwarten lassen.

6.2. Technische Schutzmaßnahmen

Es sind folgende technische Schutzmaßnahmen zu gewährleisten:

- Arbeitstische mit „Aufkantung“ oder
- Kunststoffwannen zur Annahme der abgegebenen Leuchtmittel,
- eine ausreichende Durchlüftung,
- die Verwendung von mit Inlays ausgekleideten Gitterboxen und Rungenpaletten an Stelle der LSR-Boxen (Metallbehälter), auch LRC.

Eine ausreichende Durchlüftung besteht im Freien (mit und ohne Überdachung) oder in offenen/halboffenen Hallen, also bei freier Lüftung.

Sammelstellen in geschlossenen Räumen müssen mindestens über eine arbeitsplatzübliche natürliche Lüftung gemäß Arbeitsstättenregel ASR 3.6 verfügen [21]; geschlossene Lagerräume ohne natürliche Lüftung sind technisch zu belüften.

Mobile Sammelstellen („Schadstoffmobil“) müssen über eine Raumluftheizungsanlage mit fünffachem Luftwechsel verfügen. Die Anforderungen an die technische Ausstattung von Schadstoffmobilen sind in der TRGS 520 „Errichtung und Betrieb von Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle“ formuliert. [22]

Diese Maßnahmen sind ausreichend zur Expositionsminimierung. Darüber hinaus können Maßnahmen in Erwägung gezogen werden, die im Rahmen von Prüfkammeruntersuchungen zur Reduzierung der Quecksilberexposition am Arbeitsplatz, z. B. beim Öffnen der Sammelbehälter, getestet wurden (siehe informativer Anhang 1).

Sammelbehälter für Bruch

Spannringfässer sollten nicht als Sammelbehälter für Leuchtmittel, sondern ausschließlich für die Erfassung von Leuchtmittelbruch verwendet werden. Behälter mit Lampenbruch sind grundsätzlich zu verschließen und nur bei Bedarf zu öffnen.

Öffnungen für den Einwurf von Glasbruch sollen nur so groß wie unbedingt notwendig sein (siehe Anhang 2, Bild 8 „Sammelbehälter für Bruch“). Das Abheben von

Deckeln kann kurzzeitig zu sehr hohen Quecksilberemissionen führen. Beim Ersatz des Originaldeckels durch einen Deckel mit ausreichend reduzierten Einwurföffnungen wird die Quecksilberexposition beim Öffnen signifikant reduziert.

6.3. Organisatorische Schutzmaßnahmen

Betriebsanweisung und Unterweisung

Für alle Arbeitsbereiche sind Betriebsanweisungen in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache zu erstellen und auszuhängen. In der Betriebsanweisung sind auch Art und Häufigkeit der Reinigungstätigkeiten, der Maßnahmen bei Schadensereignissen und der Einsatz persönlicher Schutzausrüstungen festzulegen.

Die Beschäftigten sind mindestens einmal jährlich arbeitsplatzbezogen anhand der Betriebsanweisung zu unterweisen.

Beladen von Sammelbehältern

Sammelbehälter müssen gemäß dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) verschließbar und stapelbar sein und die Transport- und Verladefähigkeit gewährleisten [23].

Die Befüllung von Gitterboxen darf die Oberkante des Inlays nicht überschreiten. Leuchtstoffröhren sind auf Rungenpaletten bündig an die Rückwand bis zur Oberkante des Inlays einzulegen. Leuchtstoffröhren mit > 150 cm Länge (i.d.R. Solarienröhren) sind separat in geeigneten Behältern (z. B. Kartonagen) zu sammeln.

Das Zerkleinern von angebrochenen Leuchtmitteln ist gängige Praxis, z. B. während des Sortiervorgangs, um die Leuchtmittel komplett in den Behälter, z. B. in einen Spannringbehälter, einzufügen. Dies entspricht nicht einer sicheren Arbeits-/Verfahrensweise und kann zu unnötigen Expositionen führen. Das Nachzerkleinern ist unzulässig.

Behälter mit Lampenbruch sind grundsätzlich zu verschließen und nur bei Bedarf zu öffnen.

Vor dem Abtransport des Bruchbehälters muss ggf. ein Originaldeckel aufgesetzt werden. Der Behälter sollte

dazu in einen gut belüfteten Raum gebracht und der Deckel möglichst horizontal geöffnet werden.

Austauschbehälter sollten keine Rückstände von Leuchtmitteln und Glasbruch enthalten. Darauf ist bei der Anlieferung durch den Entsorgungsbetrieb zu achten.

Die Arbeitsbereiche sind regelmäßig zu reinigen. Die Beseitigung von Bruch hat unverzüglich und staubarm zu erfolgen.

Werden Industriestaubsauger zur Reinigung eingesetzt, muss berücksichtigt werden, dass sich in den Geräten Quecksilber anreichern kann. Die Eignung der Geräte und die Art der Gerätereinigung sind mit dem Hersteller abzusprechen.

Andere Quecksilberhaltige Geräte/Gerätebauteile (z. B. Thermometer, Barometer, Quecksilberschalter) sind gesondert zu sammeln und nicht in die Behälter mit den Leuchtmitteln abzulegen.

Standort für Sammelbehälter

Sammelbehälter dürfen nicht auf Verkehrswegen aufgestellt werden, um z. B. Anstoßen durch Einkaufswagen oder innerbetriebliche Beförderungsmittel zu verhindern. Der Untergrund muss für die Andienung mit Flurförderzeugen geeignet sein.

Transport

Beim Transport von Sammelbehältern aller Art ist zu vermeiden, dass bislang unzerstörte Leuchtmittel beschädigt werden. Geeignete Transportmittel (Flurförderzeuge) sind zu verwenden. Beim Aufnehmen und Abstellen ist erschütterungsarm zu arbeiten.

Beim innerbetrieblichen Transport hat der Weg frei von starken Unebenheiten zu sein, Schwellen und dergleichen müssen vorsichtig überfahren werden.

Maßnahmen bei entstandenem Bruch

Unvorhersehbare Ereignisse z. B. beim Transport können sein:

- Bruch vieler Leuchtstoffröhren (bis hin zu ganzen Palettenladungen),
- Bruch von einer oder wenigen Leuchtstoffröhren bzw. Energiesparlampen.

Je nach Ausmaß des Bruchs kann es notwendig sein, weitere organisatorische Maßnahmen umzusetzen. Die Art der Maßnahme hängt immer von der Menge der zerbrochenen Leuchtmittel, den räumlichen und Lüftungstechnischen Verhältnissen am Ort des Geschehens ab. Daher ist es erforderlich die Maßnahmen in einem Notfallplan festzuhalten und das Vorgehen im Rahmen der Unterweisungen zu kommunizieren und im Voraus zu üben.

Das Verhalten im Schadensfall ist in einer Betriebsanweisung darzulegen (siehe Beispiel-Betriebsanweisung in Anhang 5).

- Schadensbereich schnellstmöglich verlassen und absichern (z. B. beim Bruch ganzer Paletten von Leuchtstoffröhren)
- Bereich für Kundschaft nicht mehr zugänglich machen
- Bestmögliche Lüftung sicherstellen. Je nach Ausmaß des Bruchs muss die Belüftung mindestens 15 Minuten dauern (siehe auch Anhang 1 „Nachstellende Untersuchungen“). In geschlossenen und schlecht belüfteten Räumen ist mit einer erhöhten Quecksilberkonzentration in der Atemluft zu rechnen. Die Dauer der Belüftung ist auf mindestens 30 Minuten zu verlängern.
- Sofern Bruch vom Boden entfernt werden muss, ist die festgelegte Persönliche Schutzausrüstung (siehe Abschnitt 6.4) anzulegen. Für den Schutz der Hände sind schnittfeste Handschuhe ausreichend. Bei der Beseitigung von erheblichen Bruchmengen ist das Tragen von Atemschutz mit einem Hg-P3-Filter erforderlich, da das Aufnehmen der Bruchmengen zu weiterer Quecksilberdampf-Freisetzung führen kann.
- Geringe Mengen an Lampenbruch (z. B. von einer Energiesparlampe) können mit Pappstreifen oder Papier beziehungsweise mit Klebeband aufgenommen werden. Staub und kleine Glassplitter können mit einem angefeuchteten Papiertuch aufgenommen werden, welches anschließend in ein verschließbares Gefäß gegeben wird. Ein geeignetes Adsorbens ist vorzuhalten und bei größeren Bruchmengen einzusetzen. Dies ist mit einer Schaufel aufzusammeln.
- Behälter mit Leuchtmittelbruch gut verschließen und im Freien aufbewahren. Eine weitere Zerkleinerung der Leuchtmittel ist weitestgehend zu vermeiden.
- Nach der Beseitigung großer Bruchmengen Arbeitsbereich noch einige Zeit nachlüften (15 bis 30 Minuten, s.o.).
- Erst nach Freigabe des Bereichs, weitere Tätigkeiten möglich.

- Verschleppungsgefahr durch Schuhe und Kleidung möglich! Dies kann durch anhaftende Glassplitter bzw. Leuchtmittelpulver erkennbar sein. Derart kontaminierte Kleidung ist unverzüglich zu wechseln und Schuhe mit bereitgestellten Mitteln reinigen.
- Kontaminierte Kleidung ist professionell durch den Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin zu reinigen oder zu entsorgen (siehe GefStoffV, TRGS 500).

6.4. Persönliche Schutzmaßnahmen

Persönliche Schutzausrüstung kann bei Schadensereignissen (Aufsammeln von Bruch und Beseitigung von Glasscherben) erforderlich sein. Sie muss je nach Ereignis Augen vor Splittern, Atemwege vor Staub und Quecksilberdampf sowie die Hände vor Schnittverletzungen schützen.

Für die meisten Schadensereignisse ist eine Notausstattung mit Schutzbrille und schnittfesten Handschuhen ausreichend.

Vom Arbeitgeber oder der Arbeitgeberin ist für unvorhersehbare Ereignisse (große Mengen von Bruch) in geschlossenen oder teilweise geschlossenen Räumen geeigneter Atemschutz, z. B. Gebläse unterstützte Haube mit Hg-P3-Filter (nicht belastend) oder Halbmaske mit Hg-P3-Filter bereitzustellen. Dabei ist die DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutz“ zu beachten [24].

Das Tragen belastender persönlicher Schutzausrüstung als ständige Maßnahme anstelle technischer oder organisatorischer Schutzmaßnahmen ist nicht zulässig.

6.5. Arbeitsmedizinische Vorsorge

Die arbeitsmedizinische Vorsorge ist in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) geregelt und unterscheidet zwischen Pflicht-, Angebots- und Wunschvorsorge. Die Anlässe für die Vorsorgearten sind in Anhang I der Verordnung geregelt.

Bei den in dieser EGU beschriebenen Tätigkeiten mit Einhaltung des AGW für Quecksilber ist gemäß Anhang I der ArbMedVV eine Angebotsvorsorge anzubieten.

7 Literaturverzeichnis

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und Informationen zusammengestellt.

Die zitierten Schriften sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden.

- [1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes des Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996; Stand August 2015. Im Internet verfügbar unter:
<http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbeitsschutzgesetz.html>
- [2] Siebtes Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Unfallversicherung (SGB VII) vom 07. August 1996; Stand Juli 2017. Im Internet verfügbar unter:
<http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/sozialgesetzbuch-7-gesetzliche-unfallversicherung.html>
- [3] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010; Stand März 2017. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/gefahrstoffverordnung.html>
- [4] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004; Stand November 2016. Im Internet verfügbar unter:
<http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbeitsstaettenverordnung.html>
- [5] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 03. Februar 2015; Stand März 2017. Im Internet verfügbar unter:
<http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/betriebssicherheitsverordnung.html>
- [6] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18.12.2008; Stand November 2016. Im Internet verfügbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/arbmedvv/BJNR276810008.html>
- [7] TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“. Ausgabe Juli 2017; Stand September 2017. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-400.html>
- [8] TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“. Ausgabe Februar 2010; Stand Oktober 2016. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-402.html>
- [9] Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG) vom 20.10.2015; Stand Juni 2017. Im Internet verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/elektrog_2015/
- [10] TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“. Ausgabe Januar 2006; Stand Juni 2018. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-900.html>
- [11] TRGS 903 „Biologische Grenzwerte“. Ausgabe Februar 2013; Stand August 2017. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-903.html>
- [12] TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“. Ausgabe Januar 2008; Stand Mai 2008. Im Internet verfügbar unter:

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-500.html>

- [13] Verordnung (EU) Nr. 1272/2008 zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (CLP-Verordnung). Im Internet verfügbar unter:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32008R1272>
- [14] Richtlinie 2002/95/EG (Restriction of the Use of Hazardous Substances, RoHS) ersetzt durch die Richtlinie 2011/65/EU, National umgesetzt durch Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung – ElektroStoffV) vom 19.04.2013, Stand 2017. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/elektrostoffv/gesamt.pdf>
- [15] IMERC Fact Sheet – Mercury Use in Measuring Devices, 2010. Im Internet verfügbar unter:
http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring_devices.cfm
- [16] Stoffmonographie Quecksilber (1999) Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz, 42, Nr. 6, S. 522-532. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/hgmono.pdf>
- [17] Thullner, I.; Buchwald, K.-E.; Wegscheider, W.; Hohenberger, L. (2013) Quecksilberemissionen bei der Sammlung und Entsorgung von Leuchtmitteln. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 73, Nr. 1/2, S. 14-24.
- [18] IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen – Gefährdungsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen“; Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).
- [19] VDI 2267 Bl. 8 „Stoffbestimmung an Partikeln in der Aussenluft; Messen der Massenkonzentration von Quecksilber – Probenahme durch Sorbtion als Amalgam und Bestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) mit Kaltdampftechnik“.
- [20] Hebisch, R.; Baumgärtel, A.; Fröhlich, N.; Karmann, J.; Prott, U.; Paul, R. (2016) Untersuchung der Quecksilberbelastungen von Beschäftigten kommunaler Wertstoffhöfe bei der Erfassung ausgesonderter Leuchtmittel. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 76, Nr. 6, S. 221-226.
- [21] Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“. Ausgabe Januar 2012; Stand Januar 2017. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-6.html>
- [22] TRGS 520 „Errichtung und Betrieb von Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle“. Ausgabe Januar 2012; Stand Januar 2012. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-520.html>
- [23] Sechszwanzigste Verordnung zur Änderung der Anlagen A und B zum ADR-Übereinkommen (26. ADR-Änderungsverordnung - 26. ADRÄndV), BGBl. II 2017 S. 1378
- [24] DGUV Regel 112-190 Benutzung von Atemschutzgeräten. Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV); Erich Schmidt Verlag, Berlin, Dezember 2011. Im Internet verfügbar unter:
http://publikationen.dguv.de/dguv/udt_dguv_main.aspx?FDOCUID=23963

- [25] Paul, R.; Hebisch, R.; Fröhlich, N. (2016) Quecksilberbelastung durch ausgesonderte Energiesparlampen in kommunalen Sammelstellen. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 66, S. 297–301.
- [26] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes UBA (2003) Aktualisierung der Referenzwerte für Blei, Cadmium und Quecksilber im Blut und Urin von Erwachsenen. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz, 46, S. 1112–1113. DOI: 10.007/s00103-003-0730-2.
- [27] 002-003 – S1-Leitlinie der DGAUM: Arbeiten unter Einwirkung von Quecksilber und seinen Verbindungen, 07/2014. Im Internet verfügbar unter:
http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/002-003l_S1_Arbeiten_Quecksilber_Verbindungen_2015-06.pdf
- [28] Richtwerte für die Innenraumluft – Quecksilber, Umweltbundesamt, Bundesgesundheitsblatt 2-99. Im Internet verfügbar unter:
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/Quecksilber.pdf>

8 Weitere Informationsquellen

Praxishilfen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA):

- Quecksilber in Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen) und Leuchtstoffröhren, abrufbar unter: <http://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/innenraumarbeitsplaetze/chemische-einwirkungen/quecksilber/index.jsp>
- Quecksilberexpositionen durch Leuchtmittel und LCD-Geräte, abrufbar unter: <http://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-gefahrstoffe/quecksilber-beim-recycling/index.jsp>
- Quecksilberexpositionen bei der Herstellung von Leuchtmitteln, https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pra/quecksilber/expositionsbeschreibung_herstellung.pdf

Gefahrstoffinformationssystem (GESTIS) des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA):

- GESTIS-Stoffdatenbank abrufbar unter: <http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>

Anhang 1

Nachstellende Untersuchungen in einer Prüfkammer des Institutes für Arbeitsschutz (IFA)

Grundlage der Prüfkammer-Untersuchungen des IFA waren Tätigkeitszenarien, die man bei der Sammlung und Entsorgung von Altlampen sehr häufig beobachten kann und die den Bruch quecksilberhaltiger Leuchtmittel an Arbeitsplätzen simulierten. Ergänzt wurden die Untersuchungen durch Versuchsreihen, bei denen fabrikneue und entsorgte („gebrauchte“) Lampen unterschiedlicher Typen und Hersteller in einer Bodenwanne zerbrochen wurden. Hierbei sollte die Freisetzung von Quecksilberdämpfen entsprechend folgendem Indoor-Szenario gemessen werden: Lampenwechsel mit Lampenbruch und anschließendem Aufkehren und Entsorgen der mit Quecksilber-kontaminierten Bruchstücke. Durch Vergleich mit dem aktuellen Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für Quecksilber sollten die Untersuchungsergebnisse Tendenzen einer möglichen Gefährdung aufzeigen.

Die Prüfkammer besitzt ein Raumvolumen von 42 m^3 bei einer Grundfläche von $4,00 \text{ m} \times 3,50 \text{ m}$. Sie ist von innen fast vollständig mit glatten Kunststoffwänden ausgekleidet. Durch jeweils vier Lufteinlässe an der Decke und vier Auslässe im Bodenbereich kann das Luftvolumen in der Kammer bis zu 15-mal pro Stunde ausgetauscht werden. Die Klimaparameter der Prüfkammeratmosphäre lagen während der Messungen bei der Temperatur innerhalb der Bereiche von 23°C bis 25°C und bei der relativen Luftfeuchtigkeit von 45 % bis 60 %. Wenn in den Ergebnistabellen nicht anders vermerkt, wurden die Expositionsnachstellungen unter „worst case“ – Bedingungen, d. h. bei ausgeschalteter technischer Lüftung in der relativ gut abgedichteten Prüfkammer entsprechend natürlicher Lüftung mit einer Luftwechselzahl von ca. 0,5 mal pro Stunde durchgeführt.

Die Quecksilberdampf-Messungen bei den Versuchen erfolgten, wann immer es möglich war, parallel durch zwei direktanzeigende und vorab kalibrierte Messgeräte (Monitore) mit integrierten Probenluftpumpen und Teflon-Staubfiltern. Mit Hilfe an Stativen fixierten Teflonschläuchen der Quecksilber-Monitore wurde sowohl kurz oberhalb des Randes von Sammelbehältern bzw. des Randes einer Bodenwanne Probeluft angesaugt und gemessen als auch im Atembereich der im Rahmen der nachstellenden Tätigkeit eingebundenen fiktiven Beschäftigten, beispielsweise in 1,50 m Höhe über der Quecksilber-Emissionsquelle.

Folgende Ultraviolett (UV)- fotometrische Gasmessgeräte zur kontinuierlichen Messung der Quecksilberdampf (Hg^0)-Konzentration in Arbeitsplatzatmosphären sind mit dem Messbereich von 0 bis $2000 \mu\text{g Hg}^0/\text{m}^3$ und einer Bestimmungsgrenze von $\leq 2 \mu\text{g Hg}^0/\text{m}^3$ eingesetzt worden: Hg-Monitor Modell 791.905 der Fa. Environmental Process Monitoring und Hg-Monitor 2000 der Fa. Seefelder Messtechnik. Zur Validierung der direktanzeigenden Messverfahren insbesondere bei der Erfassung geringer Quecksilber-Konzentrationen wurde ergänzend das IFA-Standard-Messverfahren Nr. 8530 für Quecksilber als Vergleichsmessverfahren herangezogen [18].

Nachstellungen Teil 1: Freisetzung von Quecksilber beim Sammeln von Kompaktleuchtstofflampen (KLL) und konventionellen Leuchtstoffröhren (LStR)

Für die Nachstellungen von Tätigkeiten des Sammelns und Deponierens von KLL vergleichbar der betrieblichen Praxis sind Original- Sammelbehälter aus einem hessischen kommunalen Entsorgungsbetrieb mit entsorgten („alten“) Lampen zur Verfügung gestellt worden. Baugleiche, fabrikneue Kunststoffbehälter mit gleichen Innenvolumina von 60 bzw. 150 Liter wurden ergänzend in die Versuche einbezogen.

Zunächst wurde durch mehrmaliges Öffnen und Schließen der nahezu voll gefüllten Sammelbehälter geprüft, ob überhaupt und in welcher Größenordnung Quecksilberdämpfe beim wiederholten Öffnen der Behälter austreten. Dies geschah bei Temperaturbedingungen im Raum entsprechend Winter und Sommer, da bei höheren Außentemperaturen ein höherer Anteil an Emissionen zu erwarten war, vorausgesetzt in den Behältern war bereits Lampenbruch vorhanden. Um weitere Sammelaktivitäten im Betrieb nachzustellen, ist in einer Versuchsreihe entsorgte Altlampenmasse der drei Behälter portionsweise in leere, neue Behälter umgefüllt worden. Dabei zeigte sich, dass in jedem der vom Entsorgungsbetrieb zur Verfügung gestellten Behälter bereits ein geringer Anteil von Lampenbruch (1-2 %) zu finden war, aber auch „Fremdwürfe“ vorkamen, wie auch andere nicht zu sammelnde Lampentypen und (unzerbrochene) Quecksilberthermometer. Die Umfüllaktion belegte auch, dass unter den gesammelten Lampen kaum zwei KLL vom gleichen Typ und Hersteller vorhanden waren. Das Spektrum der Lampen scheint von Behälter zu Behälter äußerst verschieden zu sein und daher vermutlich auch die zu erwartende Quecksilberdampfkonzentration in den Behältern. Unter ungünstigen

Bedingungen, beispielsweise einer geringen Lüftung im Raum, kann die Quecksilberkonzentration für die Dauer von einigen Sekunden bis Minuten auf Spitzenwerte von bis zu einigen Hundert $\mu\text{g Hg}/\text{m}^3$ ansteigen, um dann innerhalb von kurzer Zeit wieder abzusinken, insbesondere dann, wenn technische Be- und Entlüftung zugeschaltet wurde. [Tabelle 4 und 5]

Tabelle 4 Prüfkammer-Untersuchungen an 60 Liter-Sammelbehältern gefüllt mit entsorgten Kompaktleuchtstofflampen (KLL).

Szenarium/ Tätigkeit	Behälter Nr.	Quecksilber-Konzentration * [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Bemerkungen
		am Behälterrand (0,7 m Höhe)	im Atembereich (1,5 m Höhe)	
Öffnen und Schließen der Behälter jeweils für zwei Minuten <i>Probenahmedauer jeweils 5 Minuten</i>	1	61	5	Expositionsspitzen: am Behälterrand 270 – 1580 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Atembereich 51 – 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2	27	9	
	3	56	18	
Umfüllen von 3 x je 2,5 kg Lampen in einen leeren Behälter; Dauer in Einzelaktion von je 10 Minuten; danach Schließen des Behälters <i>Probenahmedauer jeweils 120 Minuten</i>	1	9,6 **	6,8 **	Expositionsspitzen: am Behälterrand 125 – 535 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Atembereich 25 – 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2	3,4 **	2,7 **	
	3	4,4 **	2,4 **	
Zerbrechen von typgleichen Lampen ohne Außenhülle von sechs Herstellern im leeren Behälter ; *** zweimaliges Öffnen für zwei Minuten innerhalb von 15 Minuten <i>Probenahmedauer jeweils 15 Minuten</i>		16	1	Expositionsspitzen: am Behälterrand 70 – 960 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Atembereich 10 – 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		41	6	
		82	16	
		46	4	
		- -	4	
		- -	7	

Bestimmungsgrenzen:

- a) IFA-Standard-Messverfahren bei 2 h-Probenahme $\leq 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ Hg}$
- b) Direktanzeigende Messverfahren: $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ Hg}$

* Messergebnisse der direktanzeigenden Messgeräte als Mittelwerte über die Probenahmedauer

** Ergebnisse des IFA- Standard- Messverfahren für Quecksilber / IFA-Arbeitsmappe Nr. 8530

*** In den meisten Fällen zerbrach die gewendelte Glasröhre der Lampen in zwei oder drei Einzelstücke und einen Rest kleinteiliges Bruchmaterial. War die Lampe nach dem Fallen und Auftreffen auf dem Behälterboden noch intakt, wurde sie durch Anstoßen mit einem Metallstab zerbrochen.

Tabelle 5 Prüfkammer-Untersuchungen im 150 Liter-Sammelbehälter mit entsorgten Leuchtstoffröhren (LStR) - Länge 1 m, 38 W

Szenarium/ Tätigkeit	Quecksilber-Konzentration * [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Bemerkungen
	am Behälterrand (1,0 m Höhe)	im Atembereich (1,5 m Höhe)	
Zerbrechen von drei LStR des gleichen Herstellers im leeren Behälter im Abstand von je zwei Minuten innerhalb der Probenahmedauer*; ** Luftwechsel $\lambda = 1$ <i>siehe Diagramm Nr. 5</i>	34	4	Expositionsspitzen: Behälterrand bis $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Atembereich bis $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Zweimaliges Öffnen und Schließen der Behälter innerhalb der Probenahmedauer*; Luftwechsel $\lambda = 1$	83	66	Expositionsspitzen: am Behälterrand bis $1037 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Atembereich bis $677 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Zuschalten der technischen Lüftung bei offenem Behälter innerhalb der Probenahmedauer*; Luftwechsel $\lambda = 15$	214	71	Expositionsspitzen: am Behälterrand bis $1730 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Atembereich bis $890 \mu\text{g}/\text{m}^3$

* Messergebnisse direktanzeigender Messgeräte als Mittelwerte über die Probenahmedauer von 15 Minuten

** Nach dem Schlag mit einem Metallstab auf die LStR im Behälter zerbrach diese in den meisten Fällen in zwei oder drei größere Teilstücke.

Nachstellungen Teil 2: Freisetzung von Quecksilber nach dem Zerbrechen von KLL bzw. LStR auf dem Boden der Prüfkammer (Szenario Lampenwechsel)

Durch Prüfkammerrmessungen wurden auch Szenarien nachgestellt, die auf entsprechende Untersuchungen des Umweltbundesamtes oder des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit basierten [17]. Es wurden Quecksilber-Expositionen ermittelt, die auftreten können, wenn zum Beispiel eine KLL oder LStR beim Wechseln auf den Boden fällt und zerbricht, ähnlich dem Haushaltsszenario das den Empfehlungen des Umweltbundesamtes zugrunde liegt (siehe Diagramm 1).

Dazu sind auf dem Fußboden der Prüfkammer in einer mit Folie ausgekleideten Metallwanne (0,8 m x 1,0 m x 0,1 m) Bruchversuche mit Lampen verschiedener Hersteller bei ausgeschalteter technischer Lüftung durchgeführt worden.

Um bei den einzelnen Versuchen das Maximum der Konzentration bei der Quecksilberfreisetzung bzw. die Ausbreitung der Quecksilberdämpfe vom Boden her in den Raum besser von Lampe zu Lampe vergleichen zu

können, wurden die Lampen nicht aus drei Meter Höhe entsprechend der Prüfkammerdecke fallen gelassen, sondern sind in der Bodenwanne durch Anschlagen mit einem Metallstab mittig auf die Leuchtstoffröhre immer in gleicher Weise zerbrochen worden. (siehe Tabellen 6 und 7).

Bei den Bruchversuchen mit im Handel erworbenen, fabrikneuen und noch nicht elektrisch eingeschalteten KLL konnte Quecksilber mit den vorhandenen Mess- und Analyseverfahren nicht oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen werden. Werden fabrikneue KLL nach mehreren Stunden Brenndauer noch im heißen Zustand (Oberflächentemperatur ca. 50–60 °C) unmittelbar nach dem Ausschalten zerbrochen, treten Expositionen auf, die um einiges niedriger sind als die Expositionen bei den Bruchversuchen mit entsorgten, kalten („alten“) Lampen.

Tabelle 6 Prüfkammer-Untersuchungen der Quecksilberemission unmittelbar nach dem Zerschlagen entsorgter und fabrikneuer KLL in einer Bodenwanne

Szenarium/ Tätigkeit	Quecksilber-Konzentration * [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Bemerkungen
	am Behälterrand (0,1 m Höhe)	im Atembereich (0,7 m Höhe)	
1. Entsorgte (defekte) KLL- Lampen (aus der Sammlung des Entsorgungsbetriebes 2011 b zw. 2012)			
Zerbrechen der Lampen der Hersteller 1–5	7 8 13 -- --	5 7 12 4 < 2	Expositionsspitzen: Behälterrand: 92–186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Atembereich**: 2–115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Fabrikneue KLL- Lampen (gekauft im September 2012)			
Zerbrechen von kalten Lampen der Hersteller 6 Hersteller 7	-- --	< 2 < 2	Expositionsspitzen: im Atembereich** bis 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Zerbrechen von heißen Lampen (Oberflächentemperatur der Lampen: 50–60 °C)		3	Expositionsspitzen: im Atembereich** 14–35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hersteller 6 Hersteller 7 (Brenndauer 1 Stunde)	-- --	3	
Zerbrechen von heißen Lampen (Oberflächentemperatur der Lampen: 50–60 °C) Hersteller 6 Hersteller 7 (Brenndauer 1 Woche, 10 x Ein-/ Ausschalten pro Tag)	-- --	2 3	Expositionsspitzen: im Atembereich** 3–31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1–62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* Messergebnisse direktanzeigender Messgeräte als Mittelwerte über die Probenahmedauer von 15 Minuten

** Messung in 0,7 m Höhe entspricht dem Atembereich einer gebückten oder gehockten Person oder stehender Kinder beim Aufkehren der Bruchstücke der Lampe

Tabelle 7 Prüfkammer-Untersuchungen der Quecksilberemission unmittelbar nach dem Zerschlagen entsorgter und neuer LStR in der Bodenwanne

Szenarium/ Tätigkeit	Quecksilber-Konzentration * [µg/m³]		Bemerkungen
	am Behälterrand (0,1 m Höhe)	im Atembereich (0,7 m Höhe)	
1. Ent sorgte (defekte) LStR (aus der Sammlung 2011 b zw. 2012)			
Zerbrechen von LStR 2011 Hersteller: 1–3 18-20 W/Länge: 0,58 m	11 7 21	13 8 66	Expositionsspitzen: am Behälterrand 105–1460 µg/m³ im Atembereich** 31–175 µg/m³
Zerbrechen von LStR 2012 Hersteller: 4–10 36-58 W/Länge 1,0–1,5 m	- -	9 37 25 49 3 *** 3 *** 6 ***	Expositionsspitzen: im Atembereich 6–270 µg/m³ *** da beim Bruch dieser LStR aus der Entsorgung aufgrund des fehlenden Vakuums der typische Implosionsknall ausblieb, wird vermutet, dass durch Undichtigkeiten der LStR Quecksilber schon vorher ausgetreten war
2. Fabrikneue LStR (aus dem Handel 2012, Hersteller 1)			
Zerbrechen von Neuen LStR, 38 W, Länge 1 m	- -	6	Expositionsspitzen: im Atembereich** bis 45 µg/m³

* Messergebnisse direktanzeigender Messgeräte als Mittelwerte über die Probenahmedauer von 15 Minuten

** Messung in 0,7 m Höhe entspricht dem Atembereich einer gebückten oder gehockten Person oder stehender Kinder beim Aufkehren der Bruchstücke der Lampe

Untenstehendes Diagramm 1 zeigt, dass beim Bruch „ausgebrannter“ und entsorgter Altlampen kurzzeitig hohe und beim Aufkehren danach etwas geringere Spitzen auftreten, die aber durch Lüften des Raumes sofort wieder absinken.

Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 0,5 m/s auftreten.

Eine weitere Maßnahme war die Reduktion der Exposition beim Öffnen der Behälter durch Adsorption von Quecksil-

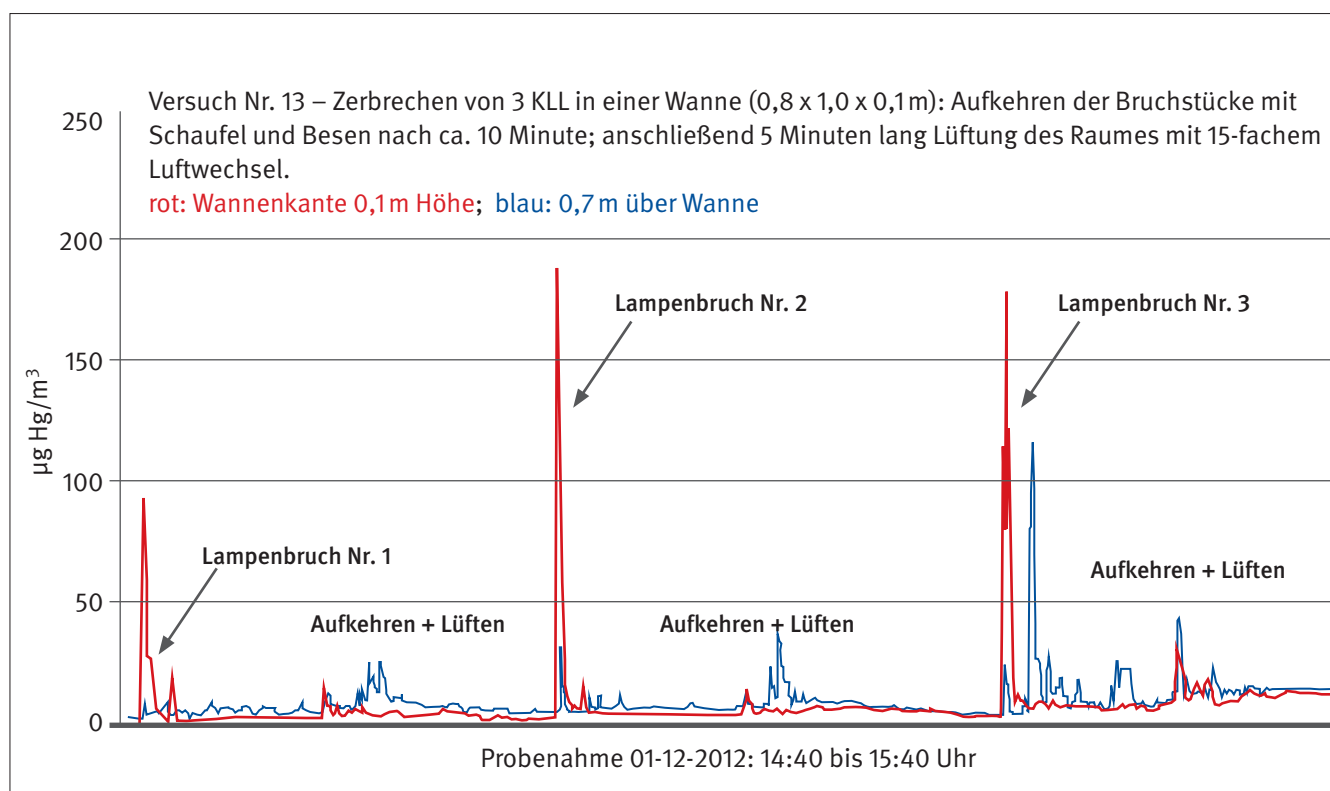


Diagramm 1 Zerschneiden von drei KLL in einer Bodenwanne mit Aufkehren und Lüften

Prüfung von weiteren Schutzmaßnahmen

Im Rahmen der Prüfkammeruntersuchungen wurden auch verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der Quecksilberexposition am Arbeitsplatz, z. B. beim Öffnen der Sammelbehälter, untersucht. Bei den technischen Möglichkeiten der Expositionsminderung wurden als Schutzmaßnahme zwei unterschiedlich gestaltete Absaugvorrichtungen getestet. Die lüftungstechnischen Schutzmaßnahmen mit Erfassungselementen „Ring“ oder „Prallplatte“ oberhalb des Sammelbehälters führen sofort, bei einer Absaugleistung von $400 \text{ m}^3/\text{h}$ und mit einer Ansauggeschwindigkeit von 10 m/s , den aus dem Behälter entweichenden Quecksilberdampf ab. Die Wirksamkeit der Absaugung verringert sich jedoch deutlich, wenn im Bereich der Erfassungselemente Querströmungen mit

berdämpfen an Aktivkohle, die portionsweise in den Behälter mit Lampenbruch zugegeben wurde. Die berücksichtigten, im Handel erworbenen Aktivkohletypen sind in der Lage durch eine herstellerseitige Vorbehandlung (Imprägnierung mit Jod oder Schwefelverbindungen) Quecksilberdämpfe intensiv zu binden. So erreicht man durch Einbringen von nur 100 g Aktivkohle in einen mit Lampenbruch gefüllten 60-Liter Kunststoffbehälter eine Minderung von über 80% der Quecksilberdampf-Konzentration innerhalb von 24 Stunden .



Abb. 1 Ringerfassung



Abb. 2 Erfassung mit Prallplatte

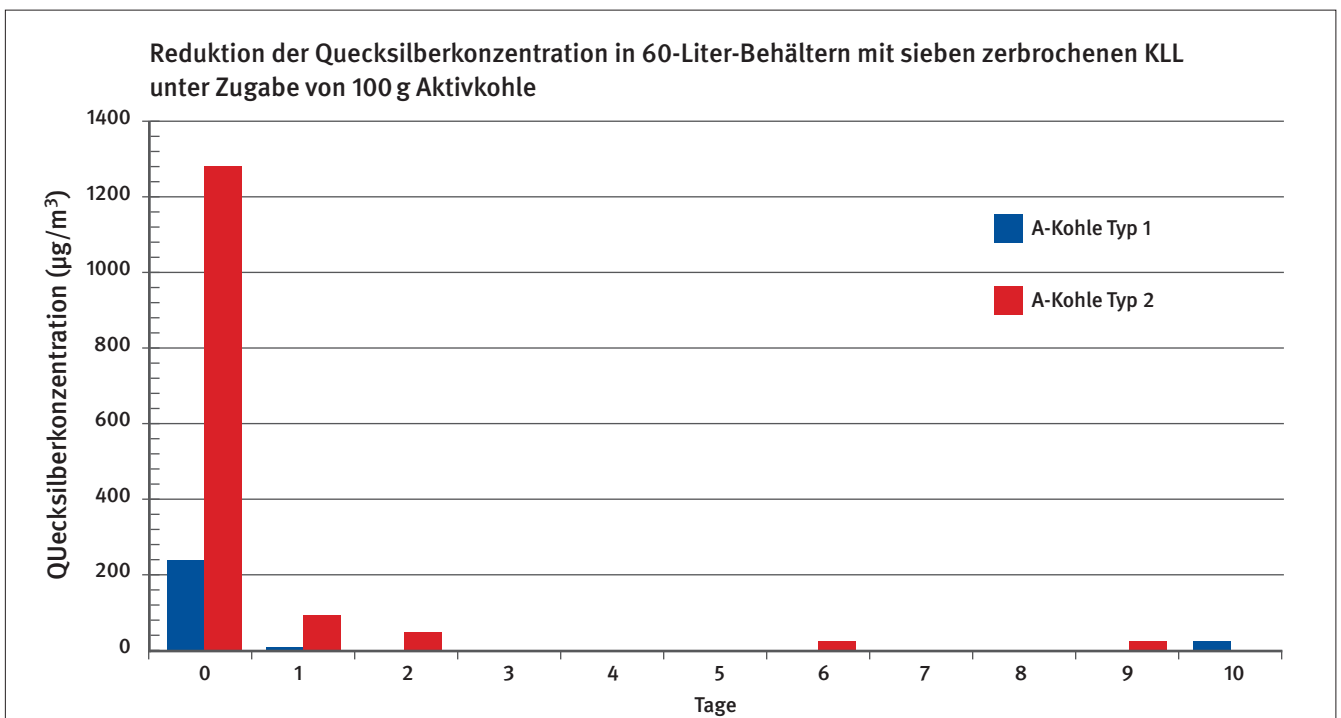


Diagramm 2 Reduktion der Quecksilberkonzentration durch Zugabe von 100 g Aktivkohle (Tag 0 = Messwert ohne Aktivkohle)

Anhang 2

Bilder von Sammelbehältern für entsorgte quecksilberhaltige Leuchtmittel

1. Nach ADR- Änderung 2015 zulässige Sammelbehälter [24]



Abb. 1 Mit Inlays ausgekleidete Rungenpalette



Abb. 2 Mit Inlays ausgekleidete und abgedeckte Gitterbox

Hinweis: Der Transport von Leuchtstoffröhren ist von den Vorschriften des ADR ausgenommen, wenn

- A. sie direkt von Privatpersonen zu Sammelstellen befördert werden,
- B. Leuchtmittel, die weniger als 1g Hg enthalten und pro Versandstück höchstens 30 g enthalten ist
- C. gebrauchte, beschädigte oder defekte Leuchtmittel, die jeweils höchstens 1g gefährliche Güter enthalten, mit höchstens 30 g gefährliche Güter je Versandstück, wenn sie von einer Sammelstelle oder Recyclingeinrichtung befördert werden. Die Leuchtmittel müssen in Außenverpackungen verpackt sein, die ausreichend widerstandsfähig sind, um unter normalen Beförderungsbedingungen das Austreten von Füllgut zu verhindern, die den allgemeinen Vorschriften des Unterabschnitts 4.1.1.1 entsprechen und die in der Lage sind, eine Fallprüfung aus mindestens 1,2 m Höhe zu bestehen.



Abb. 3 Sammelkarton für Leuchtstoffröhren

2. Sammelbehälter im Einzelhandel



Abb. 4 Sammelkarton für Energiesparlampen



Abb. 6 Sammelbox aus Karton



Abb. 5 Sammelbox aus Karton (Draufsicht)



Abb. 7 Sammelbox aus Karton (Draufsicht)



Abb. 8 Sammelbehälter für Bruch mit modifiziertem Spannungringdeckel (Verschlussstopfen für verkleinerte Einwurfsöffnung)

Anhang 3

Exposition bei Tätigkeiten mit Leuchtmitteln – Biomonitoring

Im Rahmen der Untersuchungen der BAuA an Sammelstellen wurde auch ein Biomonitoring durchgeführt. Hierbei wurde Quecksilber im Urin der Beschäftigten bestimmt [25]. Dazu wurde morgens gewonnener Spontanurin verwendet. Die Proben wurden mit Amidosulfonsäure stabilisiert und nach thermischer Freisetzung und Anreicherung des Quecksilbers mit Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) analysiert.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Tabelle 8 abgebildet. Sowohl bei den Beschäftigten, die die Annahme von Leuchtmitteln durchführten (Schadstoffannahme), als auch bei den Mitarbeitern, die nicht mit der Entgegennahme von Leuchtmitteln befasst waren, wurden Quecksilberkonzentrationen im Urin gefunden, die im

Bereich der Belastung der Allgemeinbevölkerung lagen (Referenzwerte UBA Erwachsene ohne Amalgam (18 bis 69 J.) = 1 µg/l entspricht ca. 0,75 µg/g Kreatinin) [26, 27].

Der biologische Grenzwert (BGW) von 25 µg/g Kreatinin wurde von keinem der Messwerte auch nur annähernd erreicht.

Die Messwerte der beiden Gruppen und die einer Kontrollgruppe wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Eine erhöhte innere Quecksilberbelastung durch die berufliche Tätigkeit an den Sammelstellen konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 8 Quecksilber im Urin [µg/g Kreatinin]

Tätigkeiten	N _{gesamt}	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	P90	P95
Kontrollgruppe	14	0,27	0,13	0,03	0,95	0,64	0,95
Annahme (ohne Schadstoffannahme)	16	0,23	0,18	0,01	0,64	0,62	0,64
Schadstoffannahme	45	0,30	0,21	0,03	1,00	0,64	0,67
Alle ohne Kontrollgruppe	61	0,29	0,18	0,01	1,00	0,63	0,64

Anhang 4

Quecksilber in der Außenluft/Innenraumluft

Quecksilber kommt ubiquitär in der Luft vor. Die Hintergrundkonzentration von Quecksilber in der Außenluft liegt in Deutschland bei 0,002 bis 0,004 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In der Stadtluft können die Konzentrationen bis auf 0,010 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ansteigen. [16]

Die „Ad-hoc-Arbeitsgruppe“, der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) beim Umweltbundesamt und der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) haben Richtwerte für einzelne Stoffe in der Innenraumluft in nicht gewerblich genutzten Innenräumen festgelegt, darunter auch für Quecksilber. [28]

Der Richtwert II (RW II), ein wirkungsbezogener Wert, für Quecksilber liegt bei 0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (350 ng/m^3) und der Richtwert I (RW I = Vorsorgerichtwert) beträgt 0,035 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 ng/m^3).

Diese Werte gelten für die Gesamtbevölkerung, also auch kranke Menschen und Kinder, und sind für eine lebenslange Expositionsdauer von 24 Stunden pro Tag, 7 Tage pro Woche festgelegt. An Arbeitsplätzen mit Quecksilberexposition finden diese Werte keine Anwendung.

Definition von RW I und RW II:

Der RW II ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Extrapolationsfaktoren stützt. Beim RW II handelt es sich in der Regel um einen Langzeitwert, er kann aber auch als Kurzzeitwert abgeleitet sein und wird in diesem Fall entsprechend gekennzeichnet (RW II). Der Richtwert II stellt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere bei Daueraufenthalt in den Räumen die Gesundheit empfindlicher Personen einschließlich Kindern zu gefährden. Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z. B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition. Eine Empfehlung zur Schließung von Räumen kann daher notwendig sein. Die Anwendung von Richtwerten als Vergleichsmaßstab setzt die Durchführung einer Messung unter üblichen Nutzungsbedingungen voraus.

Der RW I ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition von empfindlichen Personen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden. Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf. Der RW I kann als Sanierungszielwert dienen. Er soll nicht ausgeschöpft, sondern nach Möglichkeit unterschritten werden.

Anhang 5

Beispiel – Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit Lampenbruch

Betriebsanweisung Nr. gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung	Betrieb: Stadt ...
Arbeitsbereich: Abfallsammelstelle/Wertstoffhof	

Tätigkeit Verladen / Befördern / Entladen von Altlampen:

Tätigkeiten mit Lampenbruch

Lampenbruch beinhaltet angelagertes metallisches Quecksilber

Gefahren für Mensch und Umwelt



Beim Befördern, Ver- und Entladen und Transportieren von Altlampen kann es bei unsachgemäßer Handhabung oder aufgrund eines beschädigten Behälterbodens zur Zerstörung der Lampen kommen und erheblicher Lampenbruch entstehen. Quecksilberdämpfe treten dabei aus.



Metallisches Quecksilber ist akut toxisch beim Einatmen, kann das Kind im Mutterleib schädigen und schädigt die Organe bei längerer Exposition.

Der Hauptaufnahmeweg von Quecksilber erfolgt aus der Dampfphase über den Atemtrakt. Metallisches Quecksilber kann langfristig Wasserorganismen schädigen.



Signalwort:
Gefahr

Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln



Den Bereich verlassen, auch gegenüber Dritten, z. B. Kunden, absperren und ausreichend lüften (mind. 15–30 Minuten je nach Bruchmenge). Vorgesetzte informieren.



Atemschutz: Bei Schadensfällen mit großen Mengen Lampenbruch Halbmaske (ggf. gebläseunterstützte Haube) mit Hg-P3-Filter insbesondere in schlecht gelüfteten Räumen tragen. Filterverfalldatum beachten! Vor Benutzung auf Dichtheit prüfen.



Handschutz: Schnittfeste Schutzhandschuhe tragen.



Fußschutz: Sicherheitsschuhe mindestens der Kategorie S1 tragen.

Bestmögliche Belüftung sicherstellen. Lampenbruch mit bereitgestellten Hilfsmitteln aufnehmen und in ein Spannringfass entsorgen, Behälter fest verschließen. Verschleppungsgefahr durch Schuhe und Kleidung möglich! Dies kann durch anhaftende Glassplitter bzw. Leuchtmittelpulver erkennbar sein. Derart kontaminierte Kleidung ist unverzüglich zu wechseln und kontaminierte Schuhe sind mit bereitgestellten Mitteln zu reinigen.



Verhalten im Gefahrenfall

Notruf: 112

Bei Schadensfällen im Straßenverkehr
Warnweste anziehen, Warndreieck auf der Straße aufstellen, Notruf absetzen.

Erste Hilfe



Bei jeder Erste-Hilfe-Maßnahme: Selbstschutz beachten und umgehend Arzt verständigen.

Nach Augenkontakt: 10 Minuten unter fließendem Wasser bei gespreizten Lidern spülen. Immer Augenarzt aufsuchen!

Nach Einatmen: Verletzten aus der Gefahrenzone bringen, ruhig lagern, warmhalten. Bei Atembeschwerden Notarzt hinzuziehen.

Nach Hautkontakt: betroffenen Stellen mit viel Wasser und Hautreinigungsmittel reinigen.

Sachgerechte Entsorgung

Lampenbruch in verschließbare Behälter (Spannringfässer) füllen. Nicht in die Mülltonne entsorgen.

Lampenbruch ist Sonderabfall. Abfallschlüssel nach AVV: 200121; Abfallbezeichnung „Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle“.

Datum: _____ Unterschrift _____

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-6132
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de