



Quecksilberbelastung durch ausgesonderte Energiesparlampen in kommunalen Sammelstellen

Hintergrund

Die Öko-Design-Richtlinie [4], die mit dem Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) vom 25.11.2011 [3] in deutsches Recht übernommen wurde, legt fest, wie energieintensive Technologien und Produkte durch effektivere Verfahren zu ersetzen sind. Dementsprechend wurde der Verkauf von Glühlampen schrittweise eingeschränkt und ist ab 2016 vollständig verboten. Dadurch wurde von den Herstellern die Produktion von Kompaktleuchtstofflampen vorangetrieben, die sich neben einer etwa 80 %igen Energieersparnis weiterhin durch eine etwa 10-mal längere Lebensdauer auszeichnen. Nachteilig dabei ist, dass die Konstruktion dieser Leuchtmittel den Einsatz von Quecksilber erfordert. Die Entwicklung von LED-Leuchtmitteln leitete eine Trendwende ein, die mittelfristig den Gebrauch von Kompaktleuchtstofflampen verdrängen und damit Quecksilber aus Leuchtmitteln verschwinden lassen wird. Dieser Prozess wird sich jedoch über mehrere Jahre erstrecken, so dass die fachgerechte Entsorgung quecksilberhaltiger Leuchtmittel auch zukünftig sichergestellt werden muss. Das von den Herstellern betriebene Rücknahmesystem (Lightcycle) sowie kommunale Sammelstellen und Wertstoffhöfe sind die Erfassungsstellen für aussortierte Leuchtmittel. Die Beschäftigten dieser Betriebe sind damit mit einem Gefahrstoff konfrontiert, der zu einer

erhöhten Gesundheitsgefährdung an diesen Arbeitsplätzen führen könnte. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch wird aus intakten Leuchtmitteln kein Quecksilber freigesetzt. Anders verhält es sich, wenn sie zu Bruch gehen, wie es bei der Entgegennahme eintreten kann, oder wenn zerstörte Leuchtmittel abgegeben werden. Außerdem werden auch andere Geräte wie Thermometer, Relais, Barometer, Druckmessgeräte usw. gesammelt, die Quecksilber enthalten können. Zur Exposition der Beschäftigten an diesen Arbeitsplätzen liegen bisher kaum Informationen vor [7]. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die äußere und innere Belastung von Beschäftigten kommunaler Sammelstellen und Wertstoffhöfen durch Arbeitsplatzmessungen

und Biomonitoring zu erfassen und zu bewerten.

Material und Methoden

Beschreibung des Arbeitsablaufs

In kommunalen Sammelstellen werden häusliche und gewerbliche Abfälle aller Art angenommen. Die Annahme von Schadstoffen wird nur an ausgewählten Annahmestellen durchgeführt. Ausgesonderte und intakte Leuchtmittel, aus denen i. d. R. kein Quecksilber austreten kann, werden in Gitterboxen (Kompaktleuchtstofflampen) sowie Rungepaletten und Leuchtstoffröhrencontainern (Leuchtstoffröhren) gesammelt. Demgegenüber werden zerstörte Leucht-

Tab. 1 Angaben zu den untersuchten Kollektiven

	Alle	Frauen	Männer
Anzahl Beschäftigte	64	7	57
Alter (Mittelwert)	45	43	47
Altersspanne	21–60	34–56	21–60
Raucher	27	1	26
Nichtraucher	37	6	31
Schadstoffannahme	45	4	41
Annahme	16	0	16
Büro	3	3	0
Anzahl Kontrollpersonen	14	6	8
Alter (Mittelwert)	44	43	45
Altersspanne	23–63	23–62	26–63
Raucher	0	0	0
Nichtraucher	14	6	8

Tab. 2 Quecksilberkonzentrationen in der Luft

Probenahmeorte	N	Median ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Min. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Hintergrundbelastung	23	0,01	0,05	<0,01	0,08
Rungenpalette	47	0,04	0,41	<0,01	0,99
Gitterbox	25	0,03	0,15	<0,01	0,15
Spannringdeckelfass	16	0,03	0,17	<0,01	0,19
Arbeitnehmer (personengetragen)	52	0,03	0,41	<0,01	2,02
Annahmetheke	12	0,01	0,02	<0,01	0,02
Gesamt	175	0,03	0,41	<0,01	2,02

Tab. 3 Quecksilberkonzentrationen im Urin

	Anzahl	Mittelwert ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin)	Median ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin)	Minimum ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin)	Maximum ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin)	P90 ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin)	P95 ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin)
Kontrollen	14	0,27	0,13	0,03	0,95	0,64	0,95
Annahme	16	0,23	0,18	0,01	0,64	0,62	0,64
Schadstoffannahme	45	0,3	0,21	0,03	1	0,64	0,67
Büro	3	1,17	1,03	0,24	2,23		
Alle Beschäftigte	64	0,33	0,20	0,01	2,23	0,64	0,71

mittel als Glasbruch in verschlossenen Spannringdeckelfässern abgelegt. Sonstige quecksilberhaltige Abfälle werden im Gefahrstofflager in einem verschließbaren Behälter gesammelt.

Die Entgegennahme wird von einem Beschäftigten durchgeführt, der die ausgesonderten Leuchtmittel in den Sammelbehältern ablegt oder die anliefernden Kunden entsprechend anleitet.

Untersuchungsprogramm

Die Untersuchungen wurden bei 4 kommunalen Entsorgungsunternehmen in insgesamt 10 Schadstoffannahmestellen durchgeführt, bei denen jeweils 3–10 Mitarbeiter beschäftigt waren. Die Arbeitsorganisation war an allen Sammelstellen vergleichbar. Eine klare Trennung zwischen den Mitarbeitern der Schadstoffannahme und der Annahme aller anderen Entsorgungsgüter war nicht in jedem Fall gewährleistet. Die durchgeführten Luftmessungen und das Biomonitoring sind nachfolgend näher beschrieben.

Bei den Messungen wurde die Anzahl angelieferter ausgesonderter Leuchtmittel erfasst. Diese lag bei den einzelnen Messungen zwischen keiner Abgabe und mehr als 1000 Stück. Ebenso wurde die

jeweilige Anzahl zerstörter Leuchtmittel registriert, die jedoch insgesamt sehr niedrig war.

Airmonitoring

Es wurden sowohl personengetragene als auch ortsfeste Luftprobenahmen durchgeführt. Die Probenahmedauer betrug dabei 2–8 h. Die Probenahme erfolgte mit personentragbaren Kleinpumpen GilAir Plus (Sensidyne, St. Petersburg, USA), die auch für ortsfeste Messungen zum Einsatz kamen. Die Arbeitsplatzluft wurde mit einem Volumenstrom von 0,25 l/min durch ein mit Hopcalite gefülltes Sammelröhrchen angesaugt, wobei das Quecksilber auf der Sammelphase adsorbiert wurde [5].

Neben den personengetragenen Messungen am Beschäftigten wurden ortsfeste Messungen an der Annahmetheke, der Gitterbox, der Rungenpalette, dem Spannringdeckelfass und im Gefahrstofflager durchgeführt. Ergänzend erfolgte auf dem Gelände der Wertstoffhöfe die Ermittlung der Hintergrundbelastung.

Zur atomabsorptionsspektrometrischen Bestimmung des Quecksilbers kam ein Quecksilber-Analysesystem DMA-80 (MLS GmbH, Leutkirch) zum Einsatz. Die Sammelphasen mit Queck-

silber konnten dabei ohne weitere Aufarbeitung direkt analysiert werden.

Die Bestimmungsgrenze für das Messverfahren beträgt $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 2-stündiger Probenahme und einem Luftvolumen von 30 l.

Biomonitoring

Es wurden nur solche Beschäftigten der Gruppe „Schadstoffannahme“ zugeordnet, bei denen dies eindeutig möglich war. Eine Vergleichsgruppe wurde aus Personen eines anderen Umfelds gebildet, die keiner bekannten Quecksilberexposition unterlagen. Insgesamt 3 Beschäftigte waren im Büro tätig und wurden in keine der beiden Gruppen aufgenommen. Die Angaben zu den Probandenkollektiven sind in **Tab. 1** aufgeführt.

Im Biomonitoring wurde Quecksilber im Urin analysiert. Dazu wurden an Tagen, an denen Luftmessungen stattfanden, die Urinproben gewonnen. In der Regel wurde der erste morgendliche Spontanurin mittwochs verwendet. Wenn dies nicht möglich war, wurde ein Spontanurin während einer Schicht gesammelt. Die Proben wurden nach der Abgabe mit Amidosulfonsäure (100 μl auf 10 ml Urin einer wässrigen Amidosulfonsäurelösung 200 g/l) konserviert, gekühlt

transportiert und aufbewahrt. Die Proben wurden spätestens 48 h nach Eingang im Labor analysiert. Dazu wurde ebenfalls ein DMA-80 (MLS GmbH, Leutkirch) eingesetzt. In diesem Gerät wird die Probe im Sauerstoffstrom katalytisch verbrannt und das freigesetzte Quecksilber auf einem Amalgamträger angereichert. Nach schneller thermischer Desorption wird das Quecksilber atomabsorptionsspektrometrisch bestimmt. Die Bestimmungsgrenze betrug 0,1 µg/l.

Interview

Mittels eines Fragebogens wurden außerberufliche Quellen für eine erhöhte Quecksilberaufnahme, wie Amalgamfüllungen der Zähne, Fischkonsum, nebenberufliche Tätigkeit, Hobbies usw. ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Luftmessungen sind in **Tab. 2** aufgeführt. Die Messwerte entsprechen Schichtmittelwerten und stellen den „worst case“ dar.

Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von 20 µg/m³ [2] wurde bei allen Messungen eingehalten. Wurden während der Messungen nur ausgesonderte Leuchtmittel erfasst, betrug die gemessene Quecksilberkonzentration bis 5 % des AGW. Die höchste Konzentration von rund 2 µg/m³ wurde ermittelt, als der Beschäftigte zusätzlich weitere quecksilberhaltige Abfälle (u. a. ein zerbrochenes Thermometer) handhabte.

Es konnte kein Einfluss der Anzahl angelieferter Leuchtmittel auf die Quecksilberkonzentration in der Luft festgestellt werden. Der Anteil zerstörter Leuchtmittel spielte ebenso wenig eine Rolle.

Die Quecksilberhintergrundbelastung in Deutschland wird mit 0,002–0,004 µg/m³ in unbelasteten Gebieten angegeben mit Konzentrationen bis 0,01 µg/m³ in Städten [6]. Der Median der Hintergrundbelastung auf den Wertstoffhöfen liegt im Bereich dieser Konzentration, während das 95. Perzentil der Messwerte mit 0,05 µg/m³ ermittelt wurde. Die Luftkonzentration an der Annahmetheke befand sich im

Zbl Arbeitsmed 2016 · 66:297–301 DOI 10.1007/s40664-016-0109-5
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

R. Paul · R. Hebisch · N. Fröhlich

Quecksilberbelastung durch ausgesonderte Energiesparlampen in kommunalen Sammelstellen

Zusammenfassung

Das Energieverbrauchsrelevante-Produkt-Gesetz (EVPG) vom 25.11.2011, das auf der Grundlage der Öko-Design-Richtlinie des Europäischen Parlamentes und Rates beruht, legt fest, dass energieintensive Technologien und Produkte durch effektivere Verfahren zu ersetzen sind. Der Verkauf von Glühlampen wurde deshalb eingeschränkt mit dem vollständigen Verbot ab 2016. Das Ergebnis war eine zunehmende Produktion von Energiesparlampen, die neben der Energieersparnis außerdem eine etwa 10-mal längere Lebensdauer aufweisen. Nachteilig ist, dass die Konstruktion dieser Leuchtmittel den Einsatz von Quecksilber erfordert. Die Entwicklung von quecksilberfreien LEDs leitete eine Trendwende ein und wird in Zukunft die Energiesparlampen vom Markt verdrängen. Diese Entwicklung wird einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen, so dass die fachgerechte Entsorgung ausge-

sonderter Energiesparlampen abgesichert werden muss. Das Rücknahmesystem der Hersteller (Lightcycle) sowie die kommunalen Sammelstellen und Wertstoffhöfe sind die Erfassungsstellen für aussortierte Leuchtmittel. Die Beschäftigten sind damit mit einem Gefahrstoff konfrontiert, der zu einem erhöhten Gesundheitsrisiko führen könnte. Die Studie untersuchte die Quecksilberexposition der Beschäftigten mit Airmonitoring- und Biomonitoring-Methoden. Geringfügig erhöhte Quecksilberkonzentrationen in der Luft an exponierten Punkten (z. B. Fässer, Rungenpaletten) führten nicht zu einer erhöhten Quecksilberkonzentration im Urin und damit nicht zu einem zusätzlichen Gesundheitsrisiko der Beschäftigten.

Schlüsselwörter

Biomonitoring · Quecksilber · Luftmessung · Kommunale Sammelstellen · Arbeitsplatz

Mercury exposure due to withdrawn energy-saving lightbulbs in municipal waste collection sites

Abstract

The Energy Consuming Products Act (*Energieverbrauchsrelevante-Produkt-Gesetz*, EVPG) from 25.11.2011 based on the European Parliament and Council Directive 2005/32/EC states that high energy-consuming technologies and products must be substituted by more effective procedures; therefore, the sale of electric lightbulbs was limited and will be completely banned after 2016. The result was an increasing production of energy-saving lightbulbs with the additional benefit of an approximately 10 times longer life span. The disadvantage is that the construction of energy-saving lightbulbs requires the use of mercury. Meanwhile, the emergence of mercury-free LED lightbulbs has stimulated a change in trend and energy-saving lightbulbs will be driven out of the market in the future. During this prolonged process professional waste management (availability) for discarded

lightbulbs is required. Discarded lightbulbs are collected by the manufacturer take-back systems (Lightcycle) and municipal waste collection points. Employees are in contact with hazardous mercury which might be related to potential health risks. This study analyzed the occupational exposure to mercury by air monitoring and biological monitoring. Compared to the background, mercury air concentrations were slightly elevated at specifically exposed locations (e. g. collecting casks and post pallets) although this did not result in detection of increased mercury concentrations in the urine of the employees. In conclusion, an additional health risk was not detected.

Keywords

Biomonitoring · Mercury · Air monitoring · Communal waste collection points · Workplace

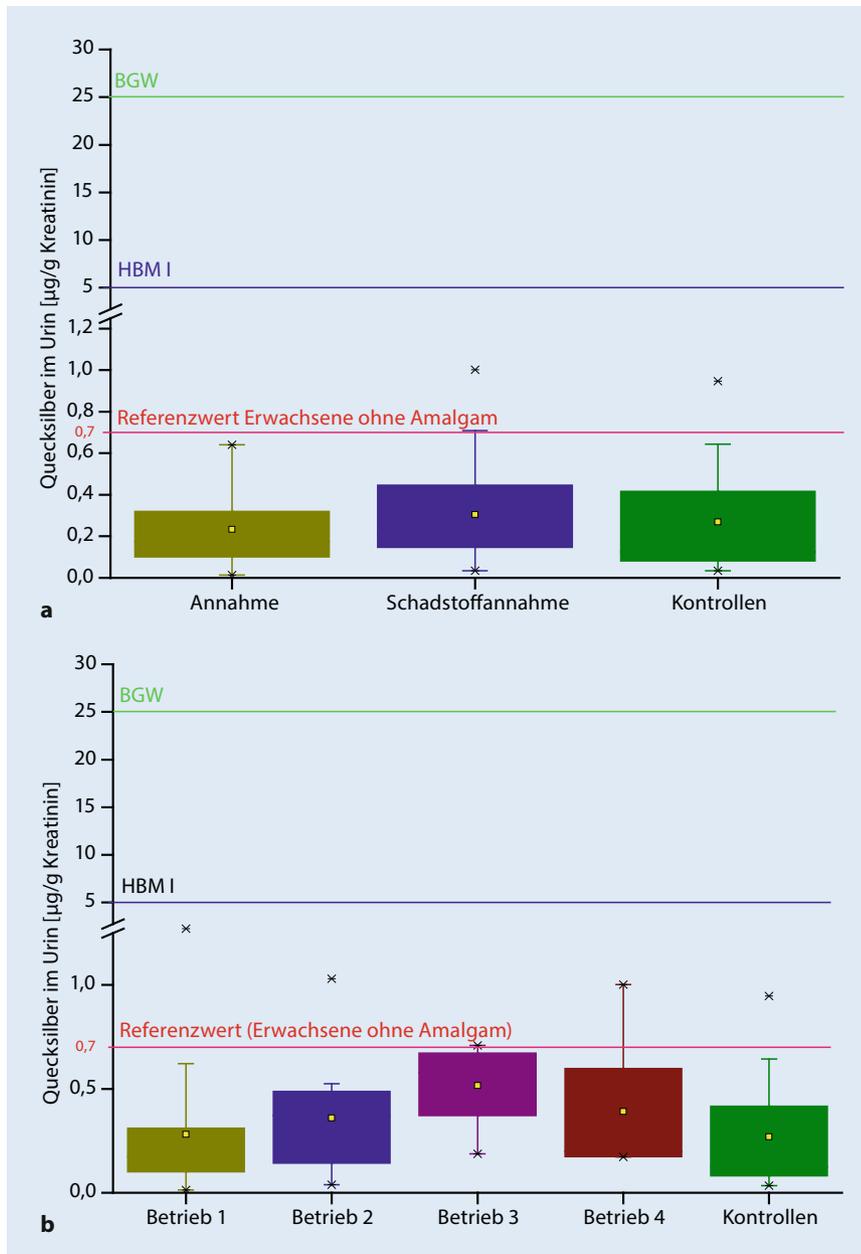


Abb. 1 ▲ Boxplot-Darstellungen der Quecksilberkonzentrationen im Urin der untersuchten Gruppen in den Entsorgungsunternehmen

Bereich der Hintergrundkonzentration, während an den Lagerbehältnissen etwas höhere Konzentrationen gefunden werden, die aber noch weit unterhalb des AGW liegen. Der höchste Wert des 95. Perzentils beträgt nur 2 % des AGW.

Vergleichbare Verhältnisse zeigen die Ergebnisse des Biomonitorings, die in **Tab. 3** abgebildet sind.

Die Mediane, die 90. bzw. 95. Perzentile der Quecksilberkonzentrationen im Urin der Beschäftigten in der Annahme

und der Schadstoffaufnahme sowie der Kontrollgruppe unterscheiden sich nur unwesentlich.

Das 95. Perzentil der Quecksilberurinkonzentrationen der Kontrollgruppe beträgt nur etwa 4 % des biologischen Grenzwerts (BGW) von 25 µg/g Kreatinin. Es liegt damit geringfügig über dem Referenzwert von 1 µg/l (entspricht etwa 0,75 µg/g Kreatinin; [9]) der erwachsenen Bevölkerung ohne Amalgamfüllungen der Zähne in Deutschland. In

der Kontrollgruppe wurden Träger von Amalgamfüllungen nicht ausgeschlossen, was den geringfügig höheren P95-Wert im Vergleich zum UBA-Referenzwert erklären könnte.

Mit dem Kruskal-Wallis-Test konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Messwertverteilungen in den 4 Entsorgungsunternehmen festgestellt werden. Das Gleiche trifft für den Vergleich der 3 Tätigkeitsgruppen Annahme, Schadstoffaufnahme und Kontrollen zu. Die Boxplot-Darstellungen in **Abb. 1** bilden die Relationen zwischen den Gruppen ab und zeigen das Verhältnis der Messwerte zu den Beurteilungswerten (BGW; [1]), Humanbiomonitoringwert I (HBM I; [8]) und Referenzwert [9].

Die Gruppe „Büro“ bestand nur aus 3 Teilnehmern und konnte deshalb nicht in die statistische Auswertung einbezogen werden. In dieser Gruppe wurden die beiden höchsten Einzelmesswerte gefunden. Sie wurden mit dem Test nach Grubbs als Ausreißer identifiziert. Sie liegen jedoch mit 2,23 µg/g Kreatinin und 1,03 µg/g Kreatinin deutlich unterhalb des HBM-I-Wertes [8] und entsprechen damit der allgemeinen Hintergrundkonzentration. Wie aus dem Fragebogen hervorgeht, kann der Unterschied durch Amalgamfüllungen der Zähne begründet sein. Zwicker et al. [10] fanden bei Personen mit Amalgamfüllungen doppelt so hohe Quecksilberkonzentrationen im Urin als bei Personen, die niemals Amalgamfüllungen trugen. Die personengetragene Probenahme und das Biomonitoring bei diesen Beschäftigten ermöglichen es, den Zusammenhang zwischen Luftmesswerten und den Quecksilberkonzentrationen im Urin zu untersuchen. Der höchste Wert für Quecksilber im Urin wurde dabei ausgeschlossen, da er mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Zahn amalgamfüllung zurückgeführt werden kann.

Das Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,03 für die lineare Regression zeigt, dass die beiden Parameter nicht korrelieren. Daraus kann geschlossen werden, dass die innere Quecksilberbelastung nicht im Zusammenhang mit der beruflichen Quecksilberbelastung steht.

Fazit für die Praxis

- Die Biomonitoring-Ergebnisse zeigen, dass an den Arbeitsplätzen in Annahmestellen für ausgesonderte Leuchtmittel keine zusätzliche Belastung der Beschäftigten mit Quecksilber besteht.
- Quecksilberkonzentrationen in der Luft an besonders exponierten Probenahmepunkten (z. B. Fässer, Rungenpaletten), die über der allgemeinen Hintergrundbelastung lagen, führten nicht zu höheren Quecksilberkonzentrationen im Urin im Vergleich zur Kontrollgruppe.
- Neben den nur gering höheren Luftkonzentrationen an den ortsfesten Probenahmestellen, die höhere Expositionen erwarten lassen, ist die Expositionsdauer der Beschäftigten dort nur kurz und sporadisch.
- Da sich die Arbeitsplätze im Freien befinden, bestehen i. d. R. gute Luftwechselverhältnisse.

Korrespondenzadresse

Dr. R. Paul

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Berlin/Dortmund
Nöldnerstraße 40/42, 10317 Berlin,
Deutschland
Paul.roland@buaa.bund.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R. Paul, R. Hebisch und N. Fröhlich geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Der Studienplan wurde von der Ethikkommission der Ärztekammer Berlin mit einem positiven Votum bewertet. Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Literatur

1. Technische Regel für Gefahrstoffe: Biologische Grenzwerte (BGW) (TRGS 903). GMBI 2013 S. 364–372 [Nr. 17] (v. 04.04.2013), zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2015 S. 1189–1190 [Nr. 60] v. 6.11.2015. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-903.html>. Zugegriffen am: 17. Mai 2016.
2. Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). BArBl. Heft

- 1/2006 S. 41–55, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2015 S. 1186–1189 [Nr. 60] v. 6.11.2015. http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-900.pdf?__blob=publicationFile&v=20. Zugegriffen am: 17. Mai 2016
3. BMWi (2011) Gesetz über die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (EVPG). In: BGBl, Bd. I. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, S2224
4. EU (2005) Richtlinie 2005/32/EG (pp. 30). Amtsblatt der Europäischen Union
5. Hebisch RFN, Houben T, Schneider W (2015) Quecksilber, Methode 1 – in Vorbereitung. In: Hartwig A (Hrsg) The MAK Collection for Occupational Health and Safety. Wiley-VCH-Verlag, Weinheim
6. Human-Biomonitoring K (1999) Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 42(6):522–532
7. Thullner I, Buchwald K-E, Wegscheider W, Hohenberger L (2013) Quecksilberemissionen bei der Sammlung und Entsorgung von Leuchtmitteln. Gefahrst Reinhalt Luft 73(1):2–11
8. UBA. (1999). Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz, 42(6), 22
9. UBA (2003) Aktualisierung der Referenzwerte für Blei, Cadmium und Quecksilber im Blut und Urin von Erwachsenen. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 46(12):1112–1113. doi:10.007/s00103-003-0730-2
10. Zwicker JD, Dutton DJ, Emery JC (2014) Longitudinal analysis of the association between removal of dental amalgam, urine mercury and 14 self-reported health symptoms. Environ Health 13:95. doi:10.1186/1476-069x-13-95

Hier steht eine Anzeige.

