



**HINTERGRUND** // MAI 2014

# Quecksilber in Umwelt und Produkten - Schwerpunkt Lampen



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Was ist Quecksilber?</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Internationale Aktivitäten</b>	<b>10</b>
2.1	Internationale Quecksilber-Konvention	10
2.2	Das Schwermetallprotokoll der Genfer Luftreinhaltekonvention	10
2.3	Quecksilberstrategie der Europäischen Union	11
<b>3</b>	<b>Quecksilberbelastung der Bevölkerung in Deutschland (Humanbiomonitoring)</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Einsatz von Quecksilber in Lampen</b>	<b>12</b>
4.1	Menge des in Lampen eingesetzten Quecksilbers	12
4.2	Bewertung der Quecksilberfreisetzung bei Lampenbruch und Vorbeugung	14
4.3	Quecksilberbilanz von haushaltsüblichen Kompaktleuchtstofflampen	15
4.4	Energieeffizienzgewinne und Hg-Emissionen außerhalb der EU	18
4.5	Quecksilberfreie Lampen	18
<b>5</b>	<b>Sammlung und Entsorgung von quecksilberhaltigen Lampen</b>	<b>19</b>
5.1	Sammlung	19
5.2	Transport	20
5.3	Verwertung der Altlampen und Verbleib des Quecksilbers	21
5.4	Entsorgung über den Restmüll	22
<b>6</b>	<b>Das Wesentliche zum Schluss: Quecksilber in Lampen</b>	<b>24</b>
	<b>Abkürzungen</b>	<b>25</b>
	<b>Endnoten</b>	<b>26</b>

## Quecksilber – Stoffströme global, EU-weit und in Deutschland

Quecksilber steht wieder in der Diskussion. In den Fokus geraten ist das Metall zuletzt durch dessen Verwendung in Energiesparlampen (technische Bezeichnung: Kompaktleuchtstofflampen). Darin wird das silbrige Metall zur Erzeugung einer Strahlung eingesetzt, die durch einen Leuchtstoff in Licht umgewandelt wird. Kritikerinnen und Kritiker der Kompaktleuchtstofflampen verweisen auf die Giftigkeit des Quecksilbers und fragen: Warum setzen wir auf eine Technik, die (noch) nicht ohne Quecksilber auskommt? Wie kann außerdem die Kompaktleuchtstofflampe umweltfreundlicher sein als die Glühlampe, die kein Quecksilber enthält? Das vorliegende Hintergrundpapier will auf diese Fragen antworten. Dazu schon vorab: Das Quecksilber in Lampen macht in der EU gerade einmal 3 Prozent aller Anwendungen aus. Die größten Mengen an Quecksilber kommen in der Chlor-Alkali-Industrie und als Zahn amalgam zum Einsatz. Die Lampen stellen auch keine bedeutende Quelle für Emissionen in die Umwelt dar. In die Umwelt gelangt das Metall vielmehr durch Bergbau und bei der Energiegewinnung aus Kohle und Öl.

Der Einsatz des Metalls unterliegt in der EU strengen Regeln. Die Quecksilbermengen in der Industrie und in Alltagsprodukten werden sukzessive reduziert. Das gilt auch für Kompaktleuchtstofflampen. Lampen unter 30 Watt dürfen in der EU seit 2013 nur noch 2,5 mg Quecksilber enthalten und die Lampenhersteller arbeiten bereits an quecksilberfreien Lampentechniken.

Quecksilber steht auch im Mittelpunkt vieler internationaler Abkommen, die den Einsatz des Metalls reglementieren und reduzieren sollen und die Einstellung des Quecksilber-Erzbergbaus und die Verwendung von Quecksilber regeln. Auch über den Inhalt dieser Abkommen informiert das Papier.

Beim Einsatz von Quecksilber ist also viel in Bewegung – das ist im Sinne des Umweltschutzes und unserer Gesundheit.

# 1 Was ist Quecksilber?

Quecksilber (chemisches Symbol: Hg) ist ein Metall mit einer besonderen Eigenschaft: Es verdampft bereits bei Zimmertemperatur. Deshalb kann es sich gleichmäßig in der Luft verteilen. Es kann sogar über weite Strecken, auch über Kontinente hinweg transportiert werden. Und es setzt sich bevorzugt in den kälteren Zonen der Erde ab. Es gelangt auf den Boden, in Pflanzen und Gewässer. Steigen die Temperaturen an, verdampft das Quecksilber und gelangt zurück in den Luftkreislauf. In der Fachsprache wird dieser Prozess als Re-Emission und Remobilisierung bezeichnet. Weil es sich so leicht in der Umwelt verflüchtigt, kann Quecksilber über die Nahrungskette in den menschlichen Körper gelangen. Insbesondere der Verzehr von (Meeres-) Fisch ist hierfür die bedeutendste Quelle (siehe Kapitel 3)<sup>1</sup>.

Problematisch ist die Ausbreitung des Metalls, weil schon sehr geringe Mengen des Stoffes die menschliche Gesundheit und die Umwelt beeinträchtigen können. So kann das Metall wie ein Nervengift wirken und das Gehirn schädigen. Aus diesem Grunde gibt es vielfältige gesetzliche Vorschriften und internationale Abkommen, die die Quecksilberfreisetzung in die Umwelt weitestgehend mindern bzw. verhindern sollen.

## Wo kommt Quecksilber her?

Das weltweit größte Vorkommen an mineralischem Quecksilber liegt in Almadén, Spanien; die Mine ist seit dem Jahr 2000 stillgelegt. Die EU hat den Abbau der Erze aufgrund der hohen Umweltbelastungen ausgesetzt. Vor Ort lagern noch ca. 3.000 t flüssiges Quecksilber in Tanks<sup>2</sup>. Weitere geringe Mengen an Quecksilber fallen als Nebenprodukt bei der Verhüttung von Erzen oder der Erdöl- und Erdgasförderung an.

Die weltweit letzte offiziell betriebene Quecksilbermine befindet sich in Kirgistan. Etwa 30.000 Menschen beziehen ihr Einkommen in der schwach industrialisierten Region aus dem Umfeld der Mine. Weil so viele Menschen von der Mine leben, gibt es Bestrebungen, die Mine mit möglichst geringen Folgen für die örtliche Beschäftigung zu schließen. Ein Partnerschaftsprogramm zwischen der Schweiz und Kirgistan hat sich zum Ziel gesetzt, mittelfristig Alternativen zu erarbeiten.

## Woher kommt Quecksilber, wenn es keine Minen mehr gibt?

Eine wichtige Quelle sind die so genannten Quecksilberzellen der Chlor-Alkali-Industrie. Hier werden in mit Quecksilber gefüllten Elektrolysezellen Grundstoffe der chemischen Industrie hergestellt, zum Beispiel Chlor, Wasserstoff, Natronlauge und Alkoholate. Da es für die meisten der Stoffe alternative Prozesse gibt, die zum Teil energiesparender sind, wurden bereits viele der Anlagen stillgelegt oder auf andere Verfahren umgerüstet. Wird eine Anlage geschlossen, darf das überschüssige Quecksilber nur in anderen, sich noch in Betrieb befindlichen Chlor-Alkali-Anlagen weiter verwendet werden, nicht jedoch für andere Zwecke. Eine Selbstverpflichtung der Industrie legt fest, dass diese Anlagen in Europa noch bis Ende 2020 betrieben werden können. Zurzeit gehen in der EU durchschnittlich zwei Anlagen pro Jahr außer Betrieb.

Laut EU-Quecksilberstrategie<sup>3</sup> entsteht in der EU durch die schrittweise Stilllegung von Quecksilberzellen der Chlor-Alkali-Industrie ein Quecksilber-Angebot von 12.000 - 15.000 t. Dieses muss sicher gelagert und entsorgt werden. Um zu verhindern, dass sich der Stoff in der Umwelt verbreitet, soll es nicht auf den Weltmarkt gelangen.

Laut Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat Deutschland im Jahre 2010 mehr Quecksilber exportiert als importiert (Import 28 t pro Jahr, Export 120 t pro Jahr). Das importierte, ebenfalls aus stillgelegten Elektrolysezellen stammende Quecksilber kommt aus Spanien, Rumänien, Österreich und den USA. Es stammt nicht, wie häufig angenommen, aus China. Seit März 2011 ist die Ausfuhr von Quecksilber aus der EU verboten (Quecksilber-Verordnung (EU) Nr. 1102/2008, siehe Kapitel 2).

Eine weitere Quelle ist das Recycling von Quecksilber, beispielsweise aus Altlampen oder anderen Elektroaltgeräten. Dieses kann mittels technischer Verfahren zurückgewonnen, aufbereitet und anschließend wieder zur Herstellung neuer Produkte eingesetzt werden.

## Wofür wird Quecksilber verwendet?

In Produkten wird heute immer weniger Quecksilber eingesetzt. Bedeutend ist es nach wie vor für industrielle Verfahren.

Weltweit gesehen stellt der Goldbergbau den wichtigsten Einsatzbereich für Quecksilber dar. Dabei wird das Quecksilber mit dem goldhaltigen Erz gemischt. Es verbindet sich nur mit dem Gold und geht eine feste Verbindung ein, die man Amalgam nennt. Später muss das Amalgam wieder aufgelöst werden, um das reine Gold zu erhalten. Häufig wird das im Kleinbergbau einfach über eine Erhitzung gemacht. Dabei wird das Quecksilber in die Luft freigesetzt.

Eine wichtige Rolle spielt Quecksilber bei der Produktion von Vinyl-Chlorid-Monomeren, dem Grundstoff der PVC-Herstellung, wobei es eine Katalysatorfunktion hat sowie bei der Chlor-Alkali-Herstellung. Quecksilber ist auch ein wichtiger Bestandteil von bestimmten Batterien (Knopfzellen), bestimmten Leuchtstoff- und Hochdruckentladungslampen, Messgeräten, Spezierschaltern oder Bildschirmen. Insgesamt werden weltweit jährlich ca. 3.800 t an Quecksilber verbraucht. Angaben zum Quecksilbereinsatz lassen sich allerdings in vielen Fällen nur aus anderen Daten des Marktvolumens von Produkten herleiten. Damit sind sie mit gewissen Schwankungsbreiten verbunden. Die folgenden Angaben beziehen sich auf das Jahr 2005 und sind meist Mittelwerte.

Tabelle 1

### Einsatz an Quecksilber in Produktion und Produkten (2005)<sup>4</sup>

Sektor	Weltweit in t	Europa in t	Deutschland in t
Goldbergbau	800	4 <sup>5</sup>	0
Vinyl-Chlorid-Monomer-Produktion	770	0	0
Chlor-Alkali-Herstellung	490	175	0,759 <sup>6</sup>
Batterien	370	30	~ 1 - 5 <sup>7</sup>
Dentalamalgam	360	95	20 - 30
Mess- und Steuergeräte	350	40	k.A.
Beleuchtung	135	25	~ 2 - 5 <sup>8</sup>
Sonstiges	525	120	k.A.
<b>Total</b>	<b>~ 3.800</b> <b>(3.226 – 4.370)</b>	<b>~ 490</b> <b>(398 – 585)</b>	<b>24 - 41</b>

Um den Vergleich mit den weltweiten Zahlen zu gewährleisten, sind für die EU ebenfalls die Daten aus 2005 angegeben. Die derzeit aktuellsten Daten für die EU enthält der EU-Mercury-Report 2008 mit Angaben für 2007. Der Gesamtverbrauch ging demnach leicht zurück auf 320 bis 530 t Quecksilber. Ein gegenüber 2005 verminderter Quecksilbereinsatz lässt sich bei verschiedenen Produkten nachweisen:

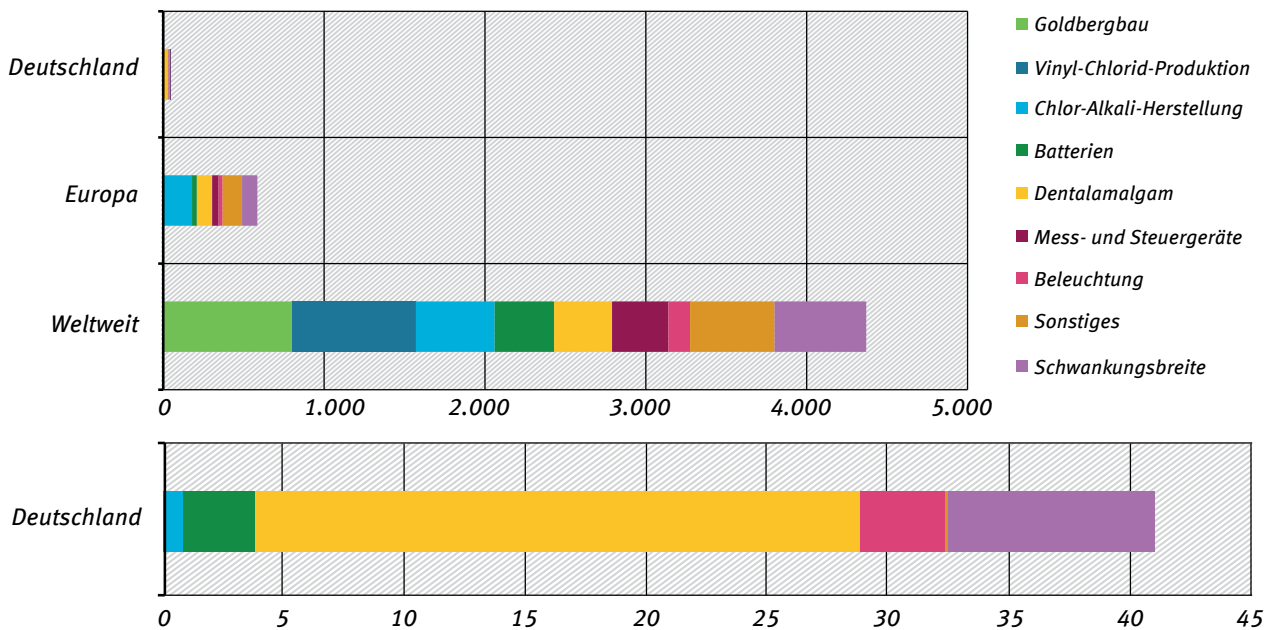
**Beleuchtungen: 11 – 15 t (siehe Kapitel 4.1)**

**Mess- und Steuergeräte: 7 – 17 t**

**Batterien: 7 – 25 t**

Abbildung 1

**Einsatz an Quecksilber in Produktion und Produkten in 2005 (Daten aus Tabelle 1)**



Im Bereich der Alltagsprodukte gibt es heute in der EU strenge Vorschriften. Für Batterien – ausgenommen Knopfzellen –, Thermometer oder Messgeräte darf kein Quecksilber mehr verwendet werden. Für andere Produkte gelten strenge Grenzwerte.

Gegenüber den oberhalb angeführten Daten für 2005 und 2007 müssten daher heute die eingesetzten Quecksilbermengen in der EU vor allem für die Chlor-Alkali-Herstellung, für Mess- und Steuergeräte und zum Teil für Beleuchtung weiter gesunken sein, es liegen bislang aber keine neuen Daten vor.

In Deutschland stellt Dentalamalgam den größten Einsatzbereich für Quecksilber dar. Die Verwendung von Alternativen zur Zahnfüllung (z.B. Keramik oder Kunststoff) könnte demnach den größten Beitrag zur Reduktion des Quecksilbereinsatzes in Deutschland leisten.

Tabelle 2 führt Produkte mit Quecksilber auf und die darin enthaltenen Mengen. Bei diesen Beispielen liegt Quecksilber allerdings in unterschiedlicher Form vor, z.B. als flüssiges Quecksilber, Amalgam oder Methylquecksilber. Die Angaben der Menge lassen sich also nicht unmittelbar vergleichen. Sowohl die Toxizität der enthaltenen Quecksilberformen als auch deren

Aufnahme durch den menschlichen Körper unterscheiden sich teilweise erheblich.

Tabelle 2

**Quecksilbergehalt in Produkten**

Quecksilberhaltige Produkte	Gehalt an Hg
Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampe) < 30 Watt	max. 2,5 mg pro Lampe
Zweiseitig gesockelte Leuchtstofflampen (übliche Leuchtstoffröhren)	je nach Typ max. 3,5 mg oder max. 5 mg
Natriumdampfhochdrucklampen (Straßenbeleuchtung)	je nach Typ max. 25 mg bis zu max. 40 mg
Knopfzellen	max. 2 % des Gewichtes
Dentalamalgam pro Füllung (Quecksilber im Amalgam gebunden)	ca. 0,5 bis 2 Gramm
Medizinische Thermometer <sup>9</sup>	150 bis 1.500 mg
1 Kilogramm Fisch	bis zu 1 mg <sup>10</sup>

## Wie gelangt Quecksilber in die Umwelt?

Die vom Menschen verursachten Luftemissionen von Quecksilber stellten im Jahr 2010 rund 30 % der Gesamt-Emissionen dar und betragen weltweit 1.960 t. Der Großteil davon stammt aus dem Bergbau und Kraftwerken. Weitere 10 % stammen aus natürlichen Quellen, vorwiegend aus Vulkanen, Waldbränden oder Bodenerosion. Die restlichen 60 % sind Re-Emissionen (Remobilisierung) von Quecksilberablagerungen vorhergehender Jahrzehnte, die aus Wasser oder Boden wieder in die Luft freigesetzt werden<sup>11</sup>.

Bei den vom Menschen verursachten jährlichen Quecksilberemissionen sind Freisetzungen in die Luft, in das Wasser und den Boden zu unterscheiden. Die weltweiten Quecksilberemissionen in das Wasser betragen etwa 200 Tonnen. Das entspricht rund 10 % der Luftemissionen<sup>12</sup>. In ähnlicher Größenordnung liegt das Verhältnis in der EU. Die Freisetzungen in den Boden sind noch deutlich geringer.

Die jährlichen vom Menschen verursachten Quecksilberemissionen in die Luft gingen in den letzten Jahrzehnten in den Industrieländern kontinuierlich zurück. In Deutschland zum Beispiel von 29,2 Tonnen im Jahr 1990 auf 9,89 Tonnen (2010)<sup>13</sup>. Kraftwerke stellen die wichtigste Emissionsquelle dar. Bei der

Produktion von Strom und Wärme aus Kohle, Gas oder Öl entweichen vergleichsweise bedeutende Mengen an Quecksilber in die Luft<sup>14</sup>.

Im Vergleich zu den jährlichen Emissionen fällt die Quecksilbermenge in Produkten, in Produktionsprozessen oder in Lagerstätten erheblich größer aus. Das Quecksilber ist hier eingeschlossen, es kann flüssig oder verfestigt vorliegen. Allein in der deutschen Chlor-Alkali-Industrie sind derzeit mehr als 2.000 Tonnen Quecksilber in Gebrauch, der Verlust durch diffuse Emissionen beträgt weniger als 0,6 t pro Jahr. Die Quecksilberverluste werden mit Quecksilber aus europäischen Anlagen, die außer Betrieb gehen, aufgefüllt.

Die folgende Tabelle stellt die Emissionen der größten Emissionsquellen von Quecksilber für verschiedene Regionen dar. Demnach entfallen etwa 4 % der globalen anthropogenen Emissionen auf die EU. In der EU bestehen umfassende Pflichten zur Emissionsberichterstattung, während dies global nicht in diesem Maß gegeben ist. Die Angaben zu den globalen Emissionen stellen daher Mittelwerte dar und unterliegen einer sehr großen Schwankungsbreite (Gesamtemissionen im Bereich von 1.010 bis 4.070 t).

Tabelle 3

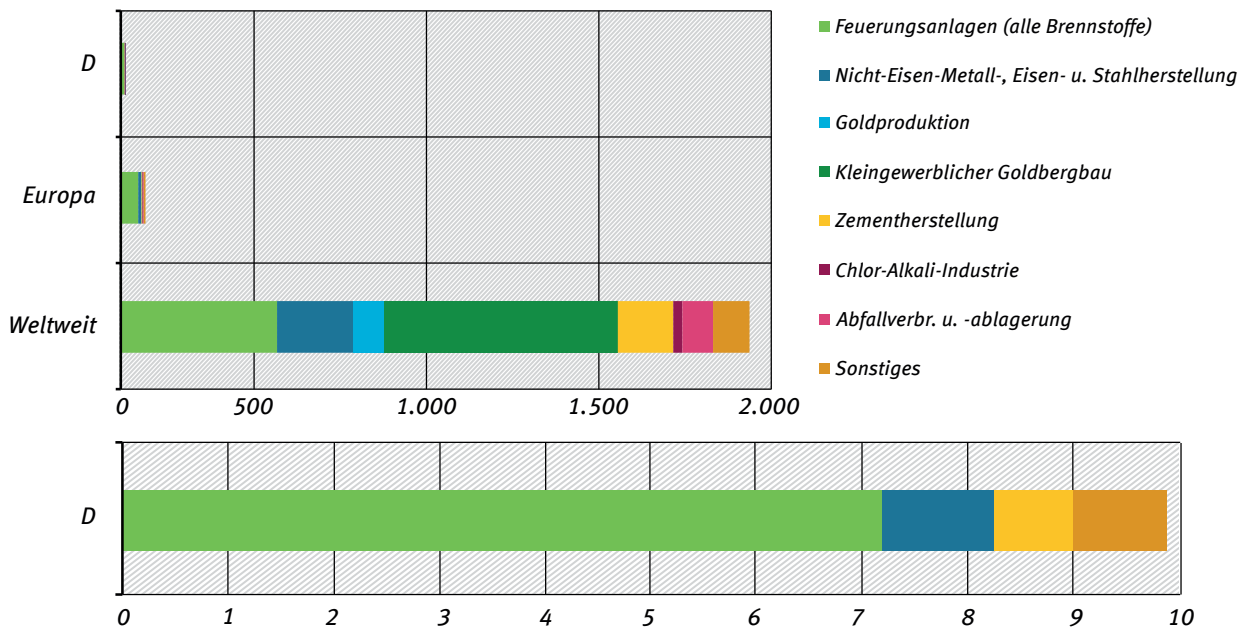
### Anthropogene Quecksilber-Emissionen in die Luft

Sektor	weltweit (2010) <sup>15</sup> in t	EU 27 (2010) <sup>16</sup> in t	Deutschland (2010) <sup>17</sup> in t
Feuerungsanlagen (alle Brennstoffe)	483,9	50,89	7,29
Nicht-Eisen-Metall-Produktion und Eisen- und Stahlherstellung	238,5	10,36	1,07
Goldproduktion	97,3	0	0
Kleingewerblicher Goldbergbau (Artisanal and Small-scale Gold Mining - ASGM)	727	0	0
Zementherstellung	173	2,54	0,65
Chlor-Alkali-Industrie	28,4	2,10 <sup>18</sup>	< 0,6 <sup>18</sup>
Abfallverbrennung und -ablagerung	95,6	2,30 <sup>19</sup>	„ <sup>20</sup>
Sonstiges <sup>21</sup>	113,8	5,41	0,28
<b>gesamte anthropogene Emissionen</b>	<b>~ 1.960 (1.010 – 4.070)</b>	<b>73,60</b>	<b>9,89</b>



Abbildung 2:

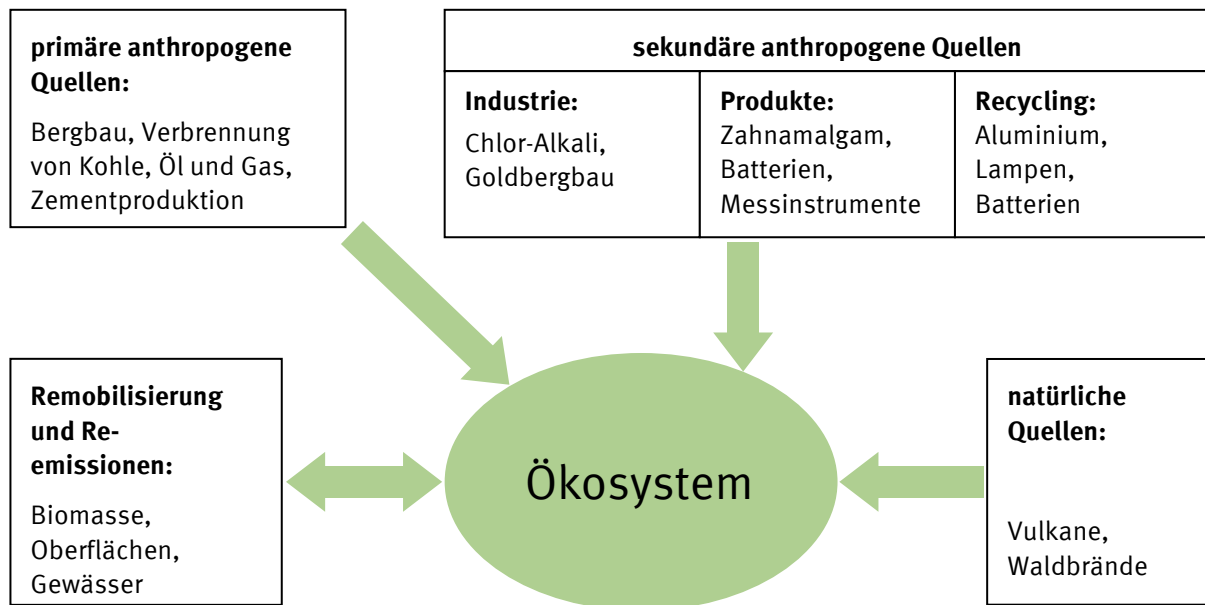
### Anthropogene Emissionen von Quecksilber in 2010 (Daten aus Tabelle 3)



Die anschließende Grafik zeigt, aus welchen Bereichen (natürliche und anthropogene) Quecksilberemissionen auf die Umwelt einwirken. Die Stärke der Pfeile zeigt die ungefähre Größe des Beitrages an.

Abbildung 3

### Quellen für Quecksilberemissionen



### FAZIT:

Die größten Emissionen von Quecksilber in die Umwelt erfolgen durch menschliche Aktivitäten. Insbesondere die Verbrennung von Kohle und der mit der Amalgamierung arbeitende Goldbergbau tragen am meisten zu den anthropogenen Emissionen bei. Rund 2.000 t werden jedes Jahr weltweit aus industriellen Prozessen

und Produkten emittiert. Weitere große Mengen befinden sich eingeschlossen in Produkten oder Produktionsprozessen. Damit sich diese nicht schädlich auswirken, sind eine sichere Handhabung, ein fachgerechtes Recycling sowie eine anschließende sichere Lagerung des Quecksilbers von großer Bedeutung.

## 2 Internationale Aktivitäten

Wegen der giftigen Eigenschaften des Metalls gibt es zahlreiche internationale Abkommen zum Einsatz von Quecksilber. Sie enthalten Maßnahmen, um dessen Einsatz zu reduzieren und vollständig zu vermeiden.

### 2.1 Internationale Quecksilber-Konvention

Im Rahmen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) wurde 2003 ein globales Quecksilberprogramm eingerichtet. Unter anderem sieht das Programm vor, durch Länderpatenschaften die Freisetzung von Quecksilber in die Umwelt zu vermeiden.

Um der Bedeutung von Quecksilber gerecht zu werden, beschloss der UNEP-Verwaltungsrat, eine Konvention zu entwickeln. Seit dem Jahr 2010 verhandelte die internationale Gemeinschaft einen Entwurf, der im Januar 2013 in einen Konventionstext mündete. Dieser wurde im Oktober 2013 in Kumamoto, Japan, gezeichnet und muss nun ratifiziert werden<sup>22</sup>. Wichtige Bausteine der Konvention werden sein:

- Minderung des weltweiten Angebots an Quecksilber und eine mögliche Steuerung der Nachfrage;
- die Kontrolle des Handels;
- die Beendigung des Quecksilberbergbaus;
- die umweltgerechte Quecksilberlagerung und der Umgang mit Altlasten und Abfällen;
- Minderung der Emissionen aus der kleingewerblichen Goldgewinnung, die ein wesentlicher Verbraucher von Quecksilber mit sehr hohen direkten Emissionen in die Umwelt ist;
- das Verbot oder die Begrenzung des Quecksilbereinsatzes in Produkten;
- Regulierung der Produktionsprozesse und Emissionen aus Anlagen, die Quecksilber verwenden oder freisetzen und eine Anwendung von „besten verfügbaren Techniken“ nach einer Übergangsfrist, wenn diese weiter angewendet werden sollen;
- verbindliche Empfehlungen beim Einsatz von Dentalamalgam;
- Forschung, Monitoring und Berichterstattung;
- technische Unterstützung, Finanzierung, Vertragsumsetzung und Erfüllungskontrolle;

- die Nutzung von Synergieeffekten mit anderen Umweltabkommen und damit einhergehende Einsparung von Kosten.

Die Konvention wird künftig aus dem Global Environmental Facility Trust Fund (GEF) von UNEP finanziert werden, der um ein internationales Programm zur Förderung von Kapazitätsaufbau und technischer Unterstützung ergänzt wird.

Dieses Übereinkommen wurde Minamata-Konvention genannt, in Erinnerung an einen Abfallskandal in dieser japanischen Stadt. Dort hatte der Chemiekonzern Chisso mit verheerenden Folgen für Mensch und Umwelt methylquecksilberhaltige Abfälle in eine Bucht geleitet. Damals erlitten 3.000 Menschen chronische Vergiftungen durch Fischkonsum, mehr als 1.800 starben.

### 2.2 Das Schwermetallprotokoll der Genfer Luftreinhaltekonvention

Im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention gibt es bereits seit 1998 ein Schwermetallprotokoll, das so genannte Århus-Protokoll. Hierbei werden aber nur Emissionen in die Luft geregelt, z.B. durch technische Standards für Industrien, die Schwermetalle emittieren. Außerdem reglementiert es den Einsatz von Blei in Benzin oder von Quecksilber in bestimmten Stoffen. Es gilt nur für den UNECE-Raum<sup>23</sup>. Das Århus-Protokoll wurde im Dezember 2012 revidiert und den modernen Anforderungen an Industrieanlagen angepasst<sup>24</sup>. Insbesondere den Staaten der ehemaligen Sowjetunion (EECCA-Region) soll durch die Revision, die z.B. längere Übergangsfristen für technische Anpassungen und flexiblere Basisjahre für Berichterstattungsfristen dieser Länder vorsieht, die Ratifizierung erleichtert werden. Durch eine Abbildung des neuesten Stands der Technik sollen Minderungspotentiale in der UNECE aufgezeigt werden. Durch die derzeit noch geringeren Anforderungen und den Zustand der Industrieanlagen in Osteuropa und der ehemaligen Sowjetunion befinden sich dort die größten Emissionsminderungspotentiale. Deutschland engagierte sich stark bei der Revision des Protokolls, leitet die Task Force on Heavy Metals und unterstützte mit Projekten und Konferenzen die möglichst baldige Ratifizierung in den EECCA-Staaten.

## 2.3 Quecksilberstrategie der Europäischen Union

Zentrale Intention der Quecksilberstrategie der Europäischen Union<sup>25</sup> ist es, die Quecksilberwerte in der Umwelt und der Exposition des Menschen zu verringern. Als Problem wurde insbesondere der Gehalt an Methylquecksilber in Fischen erkannt. Dieser Stoff wirkt sich direkt auf den Menschen aus, wenn der belastete Fisch verzehrt wird. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Quecksilberbelastung und dem Fischkonsum konnte insbesondere bei Menschen in Nordeuropa nachgewiesen werden (siehe auch Kap. 3), da das Quecksilber sich bevorzugt in den kälteren Gebieten der Erde absetzt und über die Nahrungskette aufgenommen wird.

Im Einzelnen werden folgende Ziele genannt:

- Verringerung der Quecksilberemissionen;
- Verringerung des Eintritts von Quecksilber in die Gesellschaft durch Verringerung von Angebot und Nachfrage;
- Lösung des Problems der langfristigen Quecksilberüberschüsse und der vorhandenen Reservoirs (in weiterhin verwendeten oder gelagerten Produkten);
- Schutz gegenüber der Quecksilberexposition.

In der EU bestehen bereits zahlreiche Regelungen, die den Einsatz von Quecksilber in Produkten, den Gehalt in bestimmten Medien (z.B. Trinkwasser) und die Freisetzung von Quecksilber begrenzen oder verbieten.<sup>26</sup> Diese Regelungen gelten entweder direkt in den Mitgliedstaaten oder sie werden in deutsches Recht umgesetzt und dabei teilweise weiter präzisiert.

Aktueller Handlungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich der Quecksilberabfälle. Mit der Quecksilberverordnung (EU) Nr. 1102/2008<sup>27</sup> hat die EU einige Maßnahmen der Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber europaweit rechtsverbindlich umgesetzt. Hierzu gehören das Verbot, metallisches Quecksilber und ausgewählte Quecksilberverbindungen aus der Gemeinschaft zu exportieren, sowie die Verpflichtung, überschüssiges und bei bestimmten industriellen Prozessen (z.B. in der Chlor-Alkali-Industrie) anfallendes Quecksilber umwelt- und gesundheitsgerecht als Abfall zu beseitigen.

Laut dieser Verordnung muss metallisches Quecksilber dauerhaft untertage gelagert werden. Eine andere Option besteht in der Verfestigung des flüssigen Quecksilbers. Ein Forschungsprojekt des UBA<sup>28</sup> kommt zu dem Ergebnis, dass sowohl die Dauerlagerung von metallischem Quecksilber als auch die von festem Quecksilbersulfid (HgS) in den deutschen Untertagedeponien hinsichtlich Umwelt- und Gesundheitsschutz sicher möglich und durchführbar ist.

Das Quecksilber, das bei der Lampenverwertung zurückgewonnen wird, fällt dagegen nicht unter die Verordnung 1102/2008. Dieses muss nicht als Abfall entsorgt werden, sondern kann zu Reinstquecksilber aufbereitet und wieder vermarktet werden.

Die bereits erwähnten Verbote des Einsatzes von Quecksilber in Fieberthermometern und Messinstrumenten (z. B. Manometer, Barometer, andere Thermometer als Fieberthermometer) sind Teil der REACH-Verordnung (Anhang XVII)<sup>29</sup>.

Im Mittelpunkt des Interesses der Öffentlichkeit steht zurzeit der Quecksilbergehalt von Kompaktleuchtstofflampen. Für diese hat die Europäische Union eine Regelung getroffen. Der maximal zulässige Quecksilbergehalt von Lampen ist in der RoHS-Richtlinie<sup>30</sup>, welche über die Elektro- und Elektronikgeräte-Stoffverordnung<sup>31</sup> (ElektroStoffV) in deutsches Recht umgesetzt ist, EU-weit einheitlich geregelt.

Für Kompaktleuchtstofflampen, den derzeit gängigsten Energiesparlampen, liegt dieser Wert bei maximal 5 Milligramm (mg) Quecksilber pro Lampe. Vorgeschrieben ist, dass er weiter sinken muss: So dürfen Lampen mit einer Leistungsaufnahme unter 50 Watt seit 1. 1. 2012 nur 3,5 mg enthalten. Seit 1. 1. 2013 gilt für Lampen mit einer Leistungsaufnahme unter 30 Watt (das sind die haushaltsüblichen Lampen) ein Grenzwert von 2,5 mg. Eine Reihe von Kompaktleuchtstofflampen kommt mit weniger Quecksilber aus – Spitzenreiter auf dem Markt sind Lampen mit etwa 1 mg Quecksilber. Die Grenzwerte für die anderen Quecksilber enthaltenden Lampentechniken liegen teilweise höher. Seit dem 1. 9. 2010 muss bei neu in den Handel gebrachten Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät auf der Verpackung der Quecksilbergehalt angegeben sein.

## FAZIT:

Durch die hohe Flüchtigkeit sind Quecksilberemissionen ein weltweites Problem. Deshalb gibt es viele europäische und internationale Aktivitäten, Quecksilber zu substituieren oder Emissionen zu mindern. Große Minderungspotentiale werden insbesondere in Regionen gesehen, die einen Nachholbedarf bei der Nutzung umweltfreundlicher Produktionstechniken haben und in Regionen, die ein sehr großes Bevölkerungswachstum und damit einhergehende Probleme der Energieversorgung haben. Diese Staaten

benötigen finanzielle und technische Hilfe. Ein 2013 beschlossenes internationales Abkommen der UNO über Quecksilber beschreibt die künftigen Anforderungen an den Umgang mit Quecksilber und wird die notwendige Hilfe bei der Umsetzung gewährleisten. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass durch die weltweit zunehmenden wirtschaftlichen Aktivitäten die globalen Emissionen in einigen Sektoren (Zement-, Eisen- und Stahlindustrie) ansteigen, ist die neue Quecksilberkonvention auch zukünftig von großer Bedeutung.

## 3 Quecksilberbelastung der Bevölkerung in Deutschland (Humanbiomonitoring)

Im Rahmen der EU-weiten Studie DEMOCOPHES – der Pilotstudie zur Durchführung von Humanbiomonitoring in Europa, bei der die Schadstoffbelastung der Bevölkerung überprüft wird, wurden in den Teilnehmerländern Haarproben von jeweils 120 Kindern im Alter von 6 bis 11 Jahren untersucht. Ebenso wurden Haarproben von ihren Müttern analysiert.

Im Mittel (geometrisches Mittel) hatten die 1.836 Kinder aus den 17 beteiligten Ländern einen Gehalt von 0,145 µg/g Haar Quecksilber in ihren Haaren – die 120 Kinder aus Deutschland aber nur 0,055 µg/g. Die Werte bei den Müttern betragen im Durchschnitt 0,225 µg/g und für Deutschland 0,113 µg/g. Es bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Quecksilbergehalt der Mütter und dem ihres Kindes.

Vor allem führte steigender Fischkonsum bei Kindern und Müttern zu einem Anstieg des Quecksilbergehaltes. Deutschland gehört mit zu den Ländern, in denen sowohl die Kinder als auch die Mütter einen signifi-

kant niedrigeren Quecksilbergehalt aufweisen als der Durchschnitt der teilnehmenden Länder. Deutschland liegt auch beim Fischkonsum unterhalb des Durchschnittes.

Im Gegensatz dazu hatten weder die Anzahl der Amalgam-Zahnfüllungen noch das Zerbrechen von Fieberthermometern oder Kompaktleuchtstofflampen noch eine chemische Haarbehandlung einen Einfluss auf den Quecksilbergehalt der Haare.

Für Quecksilber in Haaren gibt es keine gesundheitsbasierten Beurteilungswerte. Legt man jedoch einen Wert von 2,3 µg/g Haar als Leitwert zu Grunde (berechnet aus vorläufiger tolerabler täglicher Aufnahme von 0,23 µg/kg Körpergewicht/Tag und einem daraus laut WHO kalkulierbaren Quecksilbergehalt von 2,3 µg/g Haar), so überschritten in Deutschland keine der teilnehmenden Mütter und Kinder diesen Beurteilungswert.

## 4 Einsatz von Quecksilber in Lampen

### 4.1 Menge des in Lampen eingesetzten Quecksilbers

Quecksilber in Lampen ist nichts Neues. Ihre historische Entwicklung ist eng mit dem Metall verbunden. Es dient in verschiedenen Lampentypen vor allem als

Quelle einer Strahlung, die durch einen Leuchtstoff in Licht umgewandelt wird. Zum Beispiel in Hochdruckentladungslampen<sup>32</sup> oder in den weit verbreiteten Leuchtstofflampen, von denen es zwei Typen gibt: Kompaktleuchtstofflampen und nichtkompakte,

stabförmige Leuchtstofflampen, oft fälschlich als Neonröhren bezeichnet. Letztere kommen eher in Büros und Betrieben zum Einsatz. Kompaktleuchtstofflampen werden in der Alltagssprache mit dem Begriff Energiesparlampe<sup>33</sup> gleichgesetzt und stellen derzeit den am häufigsten in Haushalten verwendeten quecksilberhaltigen Lampentyp dar. Andere Lampentypen kommen vor allem in der Außen- und Straßen-

beleuchtung sowie in der Industrie zur Anwendung.

In der EU wurden im Jahr 2007 11 - 15 t Quecksilber für die Lampenproduktion eingesetzt. Das sind rund 3 % des Gesamtquecksilberverbrauchs in der Produktion.<sup>34</sup> Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung des eingesetzten Quecksilbers auf die einzelnen Lampentypen.

Tabelle 4

#### Quecksilbereinsatz in Lampen 2007<sup>35</sup>

Lampentyp	Hg-Einsatz [t/a] (EU)	Anteil am Gesamteinsatz von Hg [%]
Leuchtstofflampen		
Kompaktleuchtstofflampen (KLL)	1,9 - 2,6	0,5
Andere Leuchtstofflampen (z.B. stabförmig, rund)	3,3 - 4,5	0,9
Hochdruckentladungslampen	1,1 - 1,5	0,3
Andere Lampen	1,6 - 2,1	0,4
Lampen in Elektronikprodukten <sup>36</sup>	3,5 - 4,5	0,9

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, wie viel Quecksilber in den verschiedenen Lampentypen oder

in Produkten, die Lampen als Lichtquelle benötigen, enthalten sein kann.

Tabelle 5

#### Beispiele für Quecksilbergehalt und Einsatzgebiete von Lampen

Quecksilberhaltige Lampen oder Produkte	Gehalt an Quecksilber <sup>37</sup>
Kompaktleuchtstofflampen < 150 Watt	max. 5 mg pro Lampe
Kompaktleuchtstofflampen < 50 Watt	max. 3,5 mg pro Lampe (gilt seit 1.1.2012)
Kompaktleuchtstofflampen < 30 Watt	max. 2,5 mg pro Lampe (gilt seit 1.1.2013)
Einseitig gesockelte Leuchtstofflampe mit runder oder quadratischer Bauform und einem Röhrendurchmesser < 17 mm	max. 7 mg pro Lampe
Zweiseitig gesockelte, lineare Leuchtstofflampen (übliche Leuchtstoffröhren)	je nach Typ Grenzwert zwischen max. 3 und 5 mg
z.B. übliche Leuchtstoffröhre mit einem Durchmesser von 16 mm (T5) und normaler Lebensdauer	max. 3 mg
Quecksilber in anderen Leuchtstofflampen für andere allgemeine Beleuchtungszwecke und besondere Verwendungszwecke (z.B. Induktionslampen)	max. 15 mg pro Lampe
Metallhalogenidlampen Einsatz als Außenbeleuchtung und im gewerblichen Bereich, z.B. Hallenbeleuchtung oder auch in Geschäften. Projektorlampe (Beamer) <sup>38</sup>	Der Quecksilbergehalt hängt von der Leistungsaufnahme und dem Typ der Lampe ab und liegt im Bereich von 4 mg (20 oder 35 Watt Lampe) über etwa 30 mg (250 Watt Lampe) und kann bis über 100 mg (z.B. 1000 Watt Lampe zum Einsatz in geschlossenen Leuchten) betragen. Es bestehen keine gesetzlichen Grenzwerte für den Quecksilbergehalt.

Natriumdampfhochdrucklampen (Einsatz z.B. bei Straßenbeleuchtung)	je nach Typ max. 25 mg bis max. 40 mg
Hochdruckquecksilberdampflampen (Einsatz z.B. bei Straßenbeleuchtung)	Quecksilbergehalt liegt meist im Bereich 12 bis 78 mg, es bestehen keine gesetzlichen Grenzwerte, es sind aber keine neuen Lampen mehr ab 13. April 2015 zulässig.
Natriumniederdruckentladungslampe	max. 15 mg pro Lampe
Hintergrundbeleuchtung in Bildschirmen und Anzeigen (z.B. Fernseher mit Flüssigkristallanzeige (LCD), Computermonitore, digitale Bilderrahmen). Hierfür kommen meist Kaltkathodenleuchtstofflampen zum Einsatz.	Der Gesamtgehalt an Quecksilber hängt meist von der Bildschirmgröße ab und liegt etwa im Bereich von 2,5 mg (kleinere Anzeigen) bis zu 75 mg (Multi-Media-Bildschirm). Es erfolgt jedoch ein zunehmender Übergang zum Einsatz von Leuchtdioden (LED), wodurch kein Quecksilber mehr benötigt wird.
Fotokopierer/Scanner/Fax	Quecksilbergehalt im Bereich 2,5 bis 30 mg

#### 4.2 Bewertung der Quecksilberfreisetzung bei Lampenbruch und Vorbeugung

Da bei Bruch quecksilberhaltiger Lampen Quecksilber frei werden kann, ist eine gesundheitliche Bewertung notwendig. Das Umweltbundesamt untersuchte deshalb die Quecksilberfreisetzungen von verschiedenen Kompaktleuchtstofflampen.

- Detaillierte Informationen hierzu sind in dem UBA-Hintergrundpapier „Energiesparlampen in der Diskussion“ unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/energiesparlampen-in-diskussion> zu finden.

Die im Falle des Bruches einer Kompaktleuchtstofflampe freigesetzten Quecksilbermengen sind so gering, dass eine Gefährdung der Gesundheit im Allgemeinen nicht besteht. Kurzzeitig kann es nach Bruch in Innenräumen zu einer Luftbelastung mit Quecksilber kommen. Dies hängt von Faktoren ab, die in Einzelfällen sehr unterschiedlich sein können (z. B. Lüftung des Raumes, verwendeter Lampentyp, Bruch einer an- oder ausgeschalteten Lampe). Das Umweltbundesamt empfiehlt zur Vorsorge, im Falle eines Lampenbruches sofort zu lüften, umsichtig vorzugehen und den Schaden möglichst fachgerecht zu beheben.

- Detaillierte Informationen zum Vorgehen bei Lampenbruch gibt es unter [www.umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm](http://www.umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm)

Besonders empfindlich gegenüber Quecksilber sind Kinder und Schwangere. Für Räume, in denen sich kleine Kinder aufhalten (Kinderzimmer, Kindertages-

stätte, etc.) sollten darum Kompaktleuchtstofflampen nur mit zusätzlichem Schutz, wie zum Beispiel einem Lampenschirm eingesetzt werden. Als Alternativen kommen, soweit verfügbar, auch LED-Lampen oder Halogenleuchtstofflampen in Betracht.

Besondere Sorgsamkeit ist bei Lampen geboten, die im Vergleich zu Kompaktleuchtstofflampen höhere Quecksilbermengen enthalten. Die meisten dieser Lampen kommen in der Außenbeleuchtung oder im öffentlichen oder gewerblichen Bereich zum Einsatz und werden durch geschultes Personal betreut und gewechselt.

Ein Sonderfall sind jedoch Projektoren (Beamer) mit Metallhalogenidlampen, die auch in Haushalten oder Schulen genutzt werden und üblicherweise zwischen 12 und 45 mg Quecksilber je Lampe enthalten können. Bei Raumtemperatur liegt das Quecksilber als Flüssigkeit im Kolben der Lampe vor. Nach dem Zündvorgang erwärmt sich das Gemisch aus Metallen, Halogenen und Seltenen Erden, und die festen Bestandteile verdampfen in der Lampe. Bei sehr hohen Temperaturen im Inneren der Lampe übt der Quecksilberdampf einen sehr hohen Druck auf den Lampenkolben aus. Daher ist ein Zerspringen des Lampenkolbens möglich, vor allem bei unsachgemäßer Bedienung (Ausschalten ohne Nachkühlung) und bei Überschreiten der vorgesehenen Lampenbetriebszeit.

Das Umweltbundesamt empfiehlt daher für Projektoren-Lampen:

- die Lampe nach Ablauf der maximal vorgesehenen Betriebszeit so bald wie möglich auszutauschen, da sich mit zunehmender Brenndauer auch die



- Wahrscheinlichkeit eines Lampenbruchs erhöht.
- wenn die Lampe dennoch während des Betriebes zerbricht, sofort und ausgiebig (ca. 30 Minuten) zu lüften (Heizung abschalten) und den Raum währenddessen zu verlassen.
  - Ein Lampenwechsel sollte sehr umsichtig und entsprechend der Bedienungsanleitung – am besten von Fachpersonal – durchgeführt werden, um einen möglichen Lampenbruch zu vermeiden.

### 4.3 Quecksilberbilanz von haushaltsüblichen Kompaktleuchtstofflampen

Um eine vollständige Quecksilberbilanz für einen Lampentyp vornehmen zu können, ist es nötig, alle Quellen des Metalls von der Herstellung bis zur Entsorgung einzubeziehen. Zudem ist es wichtig, zwischen Quecksilberemissionen in die Umwelt (hier speziell in die Luft), dem Quecksilberrecycling und dem Quecksilber, welches abgeschieden und deponiert wird, zu unterscheiden. Durch entsprechende Vorsichtsmaßnahmen bei der Deponierung ist für Letzteres das Risiko einer Freisetzung und Emission in die Umwelt gut beherrschbar.

#### 1. Quecksilberemissionen in die Umwelt. Diese entstehen:

- Bei der Stromerzeugung durch Verbrennung von Kohle und Biomasse. Dabei wird das darin enthaltene (nicht durch Filtertechnik abgeschiedene) Quecksilber freigesetzt. Das heißt, dass jede kWh Strom, die eine Lampe verbraucht, mit einer bestimmten Menge an Quecksilberemission verbunden ist, solange der Strom aus Kohle und Biomasse erzeugt wird. Diese wird dem Stromverbrauch in der Nutzungsphase angerechnet.
- Bei der Fertigung von Lampen (bei der Quecksilberdosierung; nur sehr geringe Mengen).
- Beim Zerbrechen quecksilberhaltiger Lampen und bei unsachgemäßer Entsorgung dieser mit dem Restmüll (Emissionen von Siedlungsabfallverbrennungsanlagen oder in mechanisch-biologischen Anlagen)<sup>39</sup>.

#### 2. Quecksilber, welches abgeschieden und deponiert wird, umfasst:

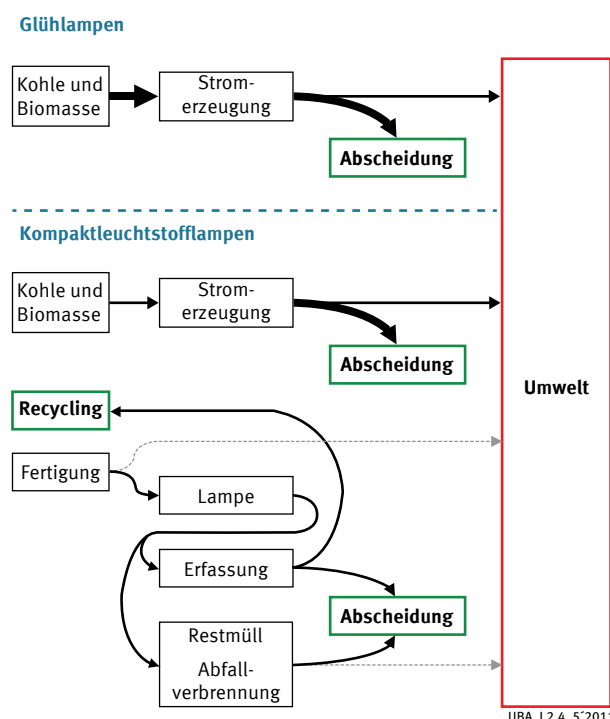
- bei der Stromerzeugung (aus Kohle und Biomasse) abgeschiedenes Quecksilber in Form von Schläm-

men, welche deponiert werden (ein Teil des Quecksilbers gelangt auch in die Flugasche und den Gips der Rauchgasentschwefelungsanlage (REA-Gips), s.u.);

- Quecksilber, das bei der Lampenentsorgung anfällt und nicht recycelt, sondern deponiert wird<sup>40</sup>;
- Quecksilber, das im Restmüll landet, weil die Lampen unsachgemäß entsorgt werden und welches anschließend in Siedlungsabfallverbrennungsanlagen herausgefiltert und deponiert wird<sup>41</sup>.

Abbildung 4

### Quecksilberstoffströme bei Glühlampen und Kompaktleuchtstofflampen



Bezüglich der dargestellten Quecksilberstoffströme sind Daten zu Quecksilberemissionen aus Kohlekraftwerken und zum Gehalt an Quecksilber in Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen) verfügbar. Es gibt jedoch keine ausreichenden Daten dazu, wie viele Lampen nicht ordnungsgemäß entsorgt werden und damit im Restmüll landen. Es sind ebenfalls keine präzisen Daten zu dem Gesamtquecksilbergehalt der Kohlen und den Mengen an Quecksilber verfügbar, die im Zuge der Abgasreinigung bei der Stromerzeugung abgeschieden werden. Deshalb ist es derzeit nicht möglich, eine vollständige Quecksilberbilanz zu erstellen, die alle in Abbildung 4 dargestellten Stoffströme erfasst.

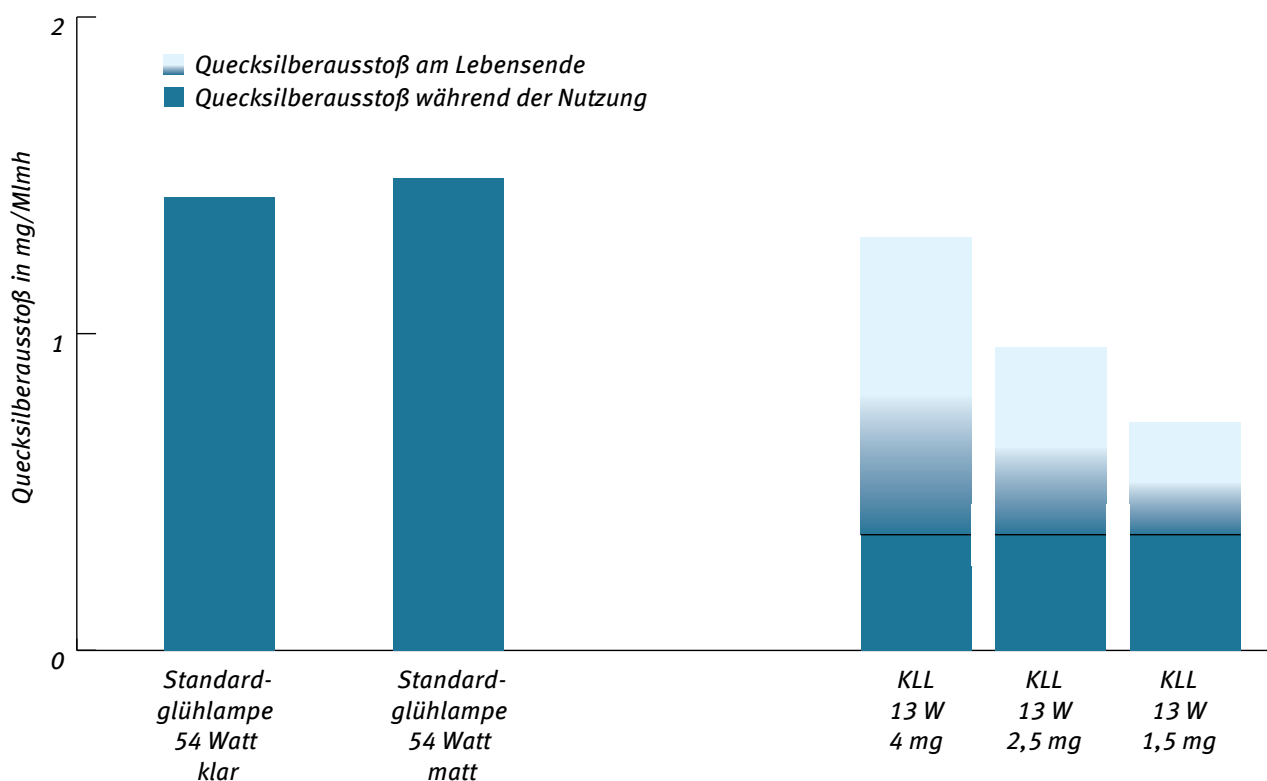
Die folgende Abbildung basiert auf den Ergebnissen der Studie<sup>42</sup>, die die Grundlage für die EG Verordnung 244/2009 zu Haushaltslampen bildete. Verglichen wurden Lampen, die als durchschnittlich für die EU angesehen werden können: links und in der Mitte sind die Balken für zwei herkömmliche Glühlampen (mit klarem und mit mattem Kolben; jeweils mit 54 Watt, was einem theoretischen Mittelwert entspricht); rechts sind drei Balken für eine Kompaktleuchtstofflampe (13 W): eine mit 4 mg<sup>43</sup> Quecksilber, wie es in

der Studie als Durchschnittswert angenommen wurde und zu Vergleichszwecken zwei weitere: eine Lampe mit 2,5 mg Quecksilber, was dem seit 1. Januar 2013 geltenden EU-Höchstwert entspricht und eine mit 1,5 mg, da es eine Reihe von Produkten auf dem Markt gibt, die nur 1 - 1,5 mg Quecksilber enthalten. Normiert ist die Darstellung auf eine gleiche Lichtleistung der Lampen.

Abbildung 5

### Quecksilberausstoß bei Standardglühlampen<sup>44</sup> und Kompaktleuchtstofflampen (Situation EU)<sup>45</sup>

Aufteilung des Quecksilberausstoßes – Betrachtung für die EU



Datengrundlage VITO und UBA, Darstellung UBA 5'2012

- Die dunklen Teile der Balken stehen für den Quecksilberausstoß der Kraftwerke (Emissionen in die Luft als Mittelwert für die EU<sup>46</sup>), der durch die Erzeugung des für die Nutzung benötigten Stromes verursacht wird. Der Quecksilbergehalt der Lampe ist dagegen als farblicher Übergang dargestellt. Dies soll zum einen die Unsicherheit symbolisieren, die diesen Quecksilberbetrag betrifft und zum anderen den Spielraum, den der Verbraucher hat, um durch eine höhere Rückgabequote die Umwelt zu entlasten. Angenommen ist hier, dass entsprechend der oben genannten Studie<sup>42/43</sup> 20 % der Lampen von einer Sammelstelle erfasst werden. Das heißt, dass 80 % des Quecksilbergehaltes der Lampen in die Rechnung eingingen.
- Damit keine oder nur sehr geringe Mengen an Quecksilber aus der Lampe (farblicher Übergangsbereich) in die Umwelt gelangen, sind mehrere Bedingungen notwendig: Die Lampen müssen über die Sammelstellen vollständig zurückgegeben werden; im Anschluss daran wird das Quecksilber entweder recycelt oder sicher deponiert;



auch während dieser Phase der Entsorgung sind Emissionen in die Luft zu vermeiden. Im Falle einer unsachgemäßen Entsorgung über den Restmüll kann dagegen ein Teil des Quecksilbers in die Luft gelangen, ein anderer Teil wird in der Abfallverbrennung wieder abgeschieden und ebenfalls deponiert.

- Zu berücksichtigen ist, dass bei der Stromerzeugung aus Kohle Quecksilber ebenfalls zurückgehalten und deponiert wird oder in andere Produkte, z.B. in die Flugasche und in den beim Betrieb von nass arbeitenden Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) anfallenden Gips gelangt. Hierfür liegen aber keine verlässlichen Angaben

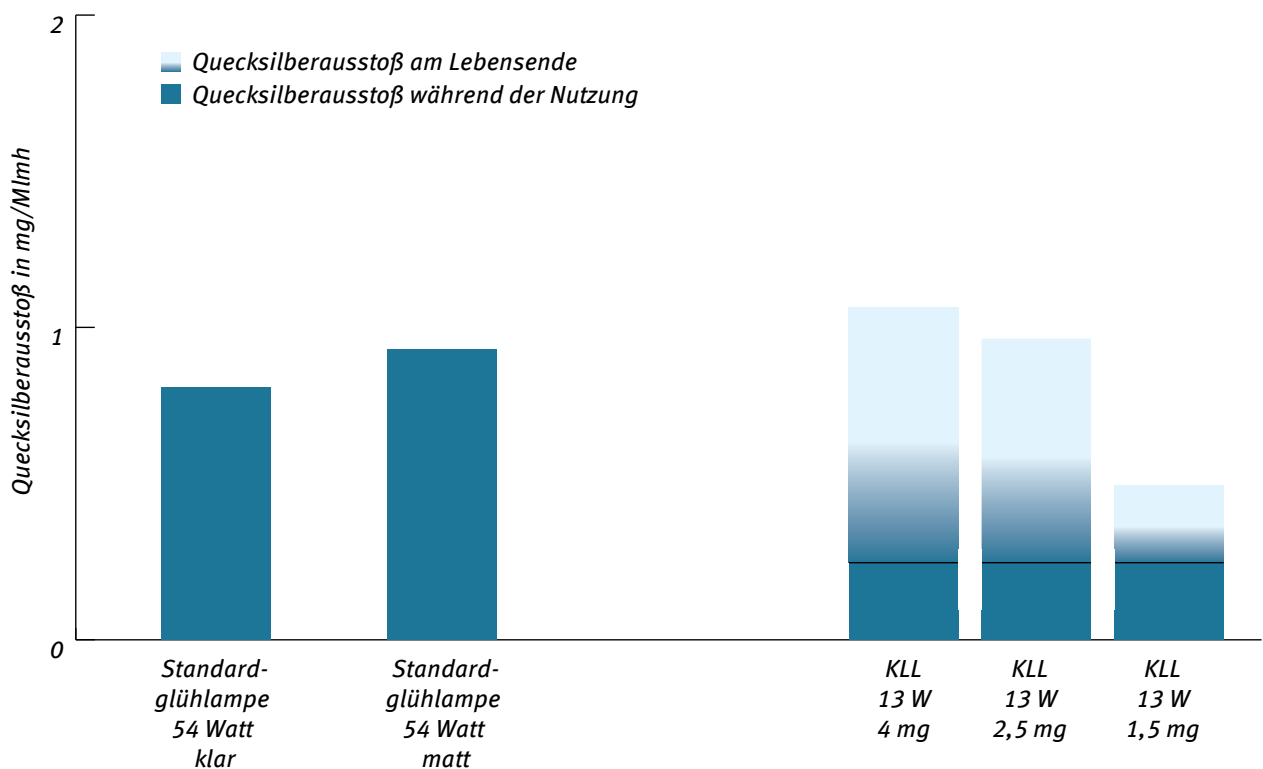
zur Menge vor (zur Abschätzung der Situation für Deutschland siehe Erläuterungen nach Abbildung 6). Die Abscheidegrade für Quecksilber in der Stromerzeugung variieren je nach Abgasreinigungstechnik beträchtlich und liegen im Bereich von 30 – 90 %.<sup>47</sup>

Die folgende Abbildung stellt den Vergleich in etwa für die Situation in Deutschland dar. Obwohl Deutschland einen höheren Anteil an Kohlekraftwerken hat als der EU-Durchschnitt, beträgt aufgrund des hohen Standards der Abgasreinigungstechnik im Kraftwerkspark die Quecksilberemission in die Luft weniger als für den EU-weiten Vergleich angegeben.<sup>48</sup>

Abbildung 6

### Quecksilberausstoß bei Standardglühlampen<sup>49</sup> und Kompaktleuchtstofflampen (Situation D)

Aufteilung des Quecksilberausstoßes – Betrachtung für die EU



Datengrundlage VITO und UBA, Darstellung UBA 5'2012

- Bei der Stromerzeugung in deutschen Kohlekraftwerken gelangen nach grober Schätzung im Durchschnitt etwa 40 % des in der Kohle enthaltenen Quecksilbers in die Luft, 10 % in die Flugasche, 30 % in den REA-Gips; etwa 20 % finden sich wieder im Schlamm der REA-Abwasseraufbereitungsanlage. Die Emissionen über das gereinigte Abwasser sind sehr gering. Aufgrund der unsi-

cheren Datenlage sind diese Quecksilberströme in Abbildung 6 nicht dargestellt. Es lässt sich aber daraus grob ableiten, dass bei der Stromerzeugung etwa dieselbe Menge zusätzlich in zu verwertende Rückstände fließt (REA-Gips, Flugasche) und dass die Hälfte der Menge der dunklen Balken zusätzlich als Quecksilberabfall anfällt, welcher als Sondermüll zu deponieren ist.

Die Ergebnisse eines solchen Vergleiches hängen maßgeblich von der Lebensdauer und vom tatsächlichen Quecksilbergehalt sowie der Erfassungs- und der Recyclingquote der Lampen ab. Außerdem sind der Stand der Abgasreinigungstechnik in Kraftwerken und bei Abfallverbrennungsanlagen, der Anteil der für die Stromerzeugung eingesetzten Kohle und Biomasse und dessen Quecksilbergehalt wichtige Einflussfaktoren.

## FAZIT

In der EU wurden im Jahr 2007 11 - 15 t Quecksilber für die Lampenproduktion eingesetzt. Das sind rund 3 % des Gesamtquecksilberverbrauches in der Produktion. Der Anteil von Kompaktleuchtstofflampen allein betrug ein halbes Prozent (1,9 - 2,6 t; vgl. Tab.4).

Aufgrund von Datenlücken ist eine genaue Quecksilberbilanz für Kompaktleuchtstofflampen im Vergleich zu Glühlampen nicht möglich. Bei der derzeitigen Situation der Stromerzeugung mit einem hohen Anteil an Kohleverbrennung und dem technischen Stand der Entsorgung in der EU lässt sich jedoch abschätzen, dass es durch den Ersatz von Glühlampen mit Kompaktleuchtstofflampen nicht zu höheren Quecksilberemissionen in die Umwelt kommt. Und je mehr Verbraucherinnen und Verbraucher die Kompaktleuchtstofflampen und stabförmigen Leuchtstofflampen ordnungsgemäß entsorgen, desto weniger Quecksilber wird freigesetzt.

## 4.4 Energieeffizienzgewinne und Hg-Emissionen außerhalb der EU

Maßgeblich sind hier vor allem die BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien und China). Die Änderungen, die sich durch einen Umstieg von Glühlampen auf Leuchtstofflampen ergeben, fallen in den BRIC-Staaten unterschiedlich aus: Während in Russland die Glühlampen noch den allergrößten Anteil an der Haushaltsbeleuchtung haben, erreichen Leuchtstofflampen in Brasilien und China einen nennenswerten Anteil. Besonders hervorzuheben ist Indien, wo – anders als in Deutschland – auch vielfach stabförmige Leuchtstofflampen in den Privathaushalten eingesetzt werden.

Eine grobe Beurteilung ist anhand der oben angeführten Quecksilberbilanz möglich. Zu einer Mehrbelastung kann es vor allem dann kommen, wenn keinerlei

Rücknahme der quecksilberhaltigen Lampen erfolgt und diese mit dem Restmüll nicht in einer Müllverbrennungsanlage mit Abgasreinigung nach dem Stand der Technik, sondern auf Deponien entsorgt werden.

Maßgeblich für eine solche Bilanz sind vor allem auch der Anteil der Kohlekraftwerke an der Stromerzeugung sowie der Stand der Abgasreinigungstechnik in den Kraftwerken und bei Abfallverbrennungsanlagen.

## 4.5 Quecksilberfreie Lampen

Verbraucher können auch quecksilberfreie Lampentechniken einsetzen. Nachdem herkömmliche Glühlampen im Handel nicht mehr erhältlich sein werden<sup>50</sup>, sind dies vor allem Halogenglühlampen und LED-Lampen (LED = Licht emittierende Diode). Dabei hat jede Lampentechnik ihre Vor- und Nachteile. So ist beispielsweise bei Einsatz von LED-Lampen für eine ausreichende Wärmeabfuhr zur Kühlung zu sorgen. Bei Einsatz in geschlossenen Leuchten ist dies nur schwer möglich, was zu einer verkürzten Lebensdauer führen kann.

Abbildung 7

### Hochvolt-Halogenglühlampe und LED-Lampe in Birnenform [Quelle: Christoph Mordziol, Dessau-Roßlau]



- Hochvolt- und Niedervolt-Halogenglühlampen: Hochvolt-Halogenglühlampen werden mit Netzspannung (230 Volt) betrieben. Einzelne Ausführungen haben den Standardglühlampen vergleichbare Formen und Eigenschaften. Derzeit gängige Modelle sind um etwa 20 bis 25 % stromeffizienter als Standardglühlampen, wäh-

rend es bei Kompaktleuchtstoff-lampen 55 bis 85 % sind. Niedervolt-Halogenglühlampen haben andere Fassungen und sind nur in Verbindung mit den dafür vorgesehenen Leuchten bzw. Netzteilen einsetzbar.

- LED-Lampen: Der Glühlampenausstieg hat die Entwicklung von LED-Lampen beschleunigt. LED-Lampen sind derzeit mit einer Äquivalenz bis 75-W-Standardglühlampen und mit verschiedenen Lampensockeln erhältlich. LED-Lampen als Ersatz für 100-W-Standardglühlampen sind in den USA auf dem Markt und in der EU für den Herbst 2013 angekündigt. Als vorteilhaft erwiesen sich LED-Lampen in Tests vor allem, weil das Licht beim Einschalten sofort verfügbar ist und weil sie schaltfest sind, ihre Lebensdauer also im allgemeinen nicht unter häufigen Ein- und Ausschalten leidet.

Für den Einsatz in Büros und im Außenbereich sind auch zunehmend LED-Lampen bzw. -Leuchten als quecksilberfreie Leuchtmittel verfügbar. Quecksilberhaltige Lampentechniken, wie stabförmige Leuchtstofflampen, Metallhalogenidlampen und Natriumdampfhochdrucklampen sind jedoch funktional hoch optimiert und weit verbreitet. Quecksilberfreie Lampentechniken haben in diesem Bereich bisher noch einen geringen Marktanteil.

Das Karlsruher Institut für Technologie hat kürzlich zwei Typen einer elektrodenlosen Pulsplasmalampe

vorge stellt. Ein Typ arbeitet derzeit mit Quecksilber im Mikrogrammbereich, der andere bereits ohne. Zukünftig soll diese Technik ganz ohne Quecksilber auskommen. Diese Lampen sind im jetzigen Entwicklungsstadium fast so effizient wie Kompaktleuchtstofflampen. Da sie aber wenig Elektronik enthalten, ist anzunehmen, dass sie in Bezug auf Kosten, Umweltbilanz und Entsorgung Vorteile bieten (Bewertungen liegen jedoch noch keine vor). Es ist daher wichtig, dass solche Produkte den Schritt von der Entwicklung in die Produktion und den Markt schaffen.

Die Lampentechnik entwickelt sich rasant. Es ist daher davon auszugehen, dass die Kompaktleuchtstofflampe eine Übergangstechnologie auf dem Weg zur energieeffizienten Beleuchtung darstellt und bald durch quecksilberfreie Lampentechniken – insbesondere durch die LED-Lampe – ersetzt werden wird.

## FAZIT

Quecksilberfreie Lampentechniken für Haushalte sind verfügbar, sie unterscheiden sich jedoch stark in ihrer Effizienz. Vor allem im Bereich der Büro- und Straßenbeleuchtung haben quecksilberfreie Lampentechniken derzeit noch einen geringen Anteil im Bestand. Der derzeitige Entwicklungstrend zeigt jedoch deutlich in Richtung LED-Lampentechnik, welche die quecksilberhaltigen Leuchtstofflampen wohl bald ablösen wird.

## 5 Sammlung und Entsorgung von quecksilberhaltigen Lampen

### 5.1 Sammlung

Gasentladungslampen, zu denen auch Kompaktleuchtstofflampen und stabförmige Leuchtstofflampen gehören, sind Elektrogeräte und unterliegen somit den Anforderungen des Elektro- und Elektronikgeräte-Gesetz (ElektroG).<sup>51</sup> Das Gesetz sieht eine vom Restabfall getrennte Sammlung für diese Lampen vor. Die Kommunen sind verpflichtet, Sammelstellen einzurichten, an denen die Altlampen aus privaten Haushalten kostenlos zurückgegeben werden können.

Als Sammelbehältnisse verwenden die kommunalen Annahmestellen für Kompaktleuchtstofflampen i.d.R. Gitterboxen, für stabförmige Leuchtstofflampen Rungenpaletten.

Zur Umsetzung der Pflichten des ElektroG haben einige Hersteller das freiwillige, kollektive Rücknahmesystem Lightcycle<sup>52</sup> gegründet. In Zusammenarbeit mit dem Handel und öffentlichen Einrichtungen rich-

tet es zusätzliche Sammelstellen ein. Die Sammlung erfolgt in der Regel in den von Lightcycle zur Verfügung gestellten Pappkartons.

Nach Angabe von Lightcycle stehen derzeit – einschließlich der kommunalen Sammelstellen – über 9.000 Sammelstellen zur Verfügung.<sup>53</sup> Bei ca. 6.000 dieser Sammelstellen handelt es sich um freiwillige Sammelstellen im Handel und im Elektro-Handwerk.<sup>54</sup>

Das UBA begrüßt die von Handel, Herstellern, Verbraucherverbänden und BMUB im März 2010 verabschiedete Erklärung zur „Förderung der Erfassung und des Recyclings von Lampen aus Haushalten“. Auch wenn die Zahl der freiwilligen Sammelstellen im Handel und beim Handwerk stetig zunimmt, gilt es, weitere kundenfreundliche Rückgabemöglichkeiten zu schaffen. Auch muss die Information über vorhandene Rücknahmestellen weiterhin verbessert werden. In die novellierte EU-Richtlinie für Elektro- und Elektro-Altgeräte<sup>55</sup> (WEEE II) wurde eine Regelung neu aufgenommen, welche den Handel mit Verkaufsflächen für Elektro- und Elektronikgeräte von mindestens 400 m<sup>2</sup> verpflichtet, kleine Elektro- und Elektronikaltgeräte, zu denen auch Kompaktleuchtstofflampen gehören, zurückzunehmen. Hiervon kann abgewichen werden, wenn es alternative Rücknahmesysteme gibt, die mindestens ebenso wirksam sind.

Wie viele der alten Lampen während der Sammlung zerbrechen, kann nicht genau beantwortet werden. Schätzungen zufolge liegt die Bruchrate in einem Bereich von weniger als 2 bis 5 %.<sup>56</sup>

Um die mögliche Freisetzung von Quecksilber bei der Sammlung zu ermitteln, hat Lightcycle von der bifa Umweltinstitut GmbH Untersuchungen durchführen lassen.<sup>57</sup> Deren Ergebnis war, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte<sup>58</sup> von 20 µg/m<sup>3</sup> Raumluft unter den angenommenen Randbedingungen nicht überschritten werden.

Zum Schutz der Gesundheit gibt das UBA für die Sammlung alter Kompaktleuchtstofflampen und stabförmiger Leuchtstofflampen folgende Empfehlungen:

- Die Aufstellung von Sammelbehältern sollte im überdachten – vor Vandalismus geschützten – Außenbereich oder in einem gut durchlüfteten Innenraumbereich erfolgen.

- Die Sammelbehälter müssen so beschaffen sein, dass die Lampen beim Hereinlegen nicht zerbrechen können. Kommt es dennoch im Einzelfall zum Bruch, sollte der gesamte Behälterinhalt in ein geschlossenes Behältnis überführt und bis zur fachgerechten Abholung in einem nicht öffentlichen Raum aufbewahrt werden.
- Die Sammelbehälter sollten durch Fachkräfte befüllt werden. Ist das nicht möglich, sollten sie zumindest im Sichtbereich des Fachpersonals aufgestellt werden. In diesem Fall ist das richtige Einlegen der Lampen zyklisch durch das Fachpersonal zu prüfen, Fehlbefüllungen sind zu korrigieren.

## FAZIT

Die sichere Entsorgung quecksilberhaltiger Lampen ist dringend geboten, um Gesundheitsgefährdungen und Emissionen in die Umwelt zu verhindern. Sowohl bei der Sammlung auf kommunalen Recyclinghöfen als auch im Handel können Altlampen zerbrechen und somit zur Emission von Quecksilber führen. Die Sammlung muss deshalb so gestaltet werden, dass weder für Kunden noch für Mitarbeiter in den Verbrauchermärkten oder öffentlichen Einrichtungen gesundheitliche Risiken entstehen. Dies betrifft z.B. die Gestaltung der Sammelbehältnisse und die Anforderungen an den Ort, an dem diese aufgestellt werden.

## 5.2 Transport

Bei quecksilberhaltigen Altlampen handelt es sich um gefährlichen Abfall, der grundsätzlich nachweispflichtig ist. Für die Überlassung dieser Abfälle an Einrichtungen zur Sammlung und Behandlung sind quecksilberhaltige Altlampen allerdings von der Nachweispflicht ausgenommen. Das heißt, es gelten – unabhängig von der Organisation (privat, öffentlich-rechtlich) und der praktischen Ausgestaltung der Rücknahme – keine Nachweispflichten nach dem KrWG.<sup>59</sup> Dabei ist es unerheblich, ob zum Beispiel der Vertreiber die Altlampen selbst zu den Sammelstellen bringt oder ob die Altlampen von dort abgeholt werden. Der Transport quecksilberhaltiger Altlampen von der Sammelstelle bis zur Behandlungsanlage erfolgt im Unterschied zum Transport anderer gefährlicher Abfälle unter wesentlich erleichterten Bedingungen.<sup>60</sup>

Die in Gitterboxen oder Rungenpalletten gesammelten Altlampen werden mit Hilfe entsprechender Fahrzeuge zur Behandlungsanlage befördert. Für den Transport der im Handel gesammelten Altlampen werden diese in den Sammelboxen belassen und zu einer Verdichtungsstelle transportiert. Der Transport erfolgt im Auftrag des Händlers durch einen Dienstleister oder durch den Händler selbst. An der Verdichtungsstelle werden die Altlampen dann in Gitterboxen umgeladen.

## FAZIT

Bei Altlampen handelt es sich um gefährliche Abfälle. Durch mögliche Brüche der Lampen beim Transport besteht die Gefahr, dass es zu Quecksilber-Emissionen kommt. Der Transport der Lampen ist jedoch nicht nachweispflichtig.

Daher ist es wichtig, dass das Personal entlang der Transportkette geschult ist, um mögliche Gesundheits- sowie Umweltbelastungen zu verhindern. Dies gilt insbesondere, wenn der Transport durch den zurücknehmenden Händler, der in der Regel kaum Kenntnisse über den Transport von gefährlichen Abfällen hat, selbst erfolgt.

### 5.3 Verwertung der Altlampen und Verbleib des Quecksilbers

Die Verwertung der quecksilberhaltigen Altlampen übernehmen zertifizierte Entsorgungsbetriebe. Ziel ist die Rückführung der Rohstoffe in den Kreislauf. Dafür ist eine Schadstoffentfrachtung notwendig. Die Schadstoffe müssen daher gezielt erfasst und entsorgt werden.

Je nach Lampentyp werden verschiedene Verfahren eingesetzt:

- Kapp-Trenn-Verfahren: für stabförmige Leuchtstofflampen, sog. Leuchtstoffröhren;
- Schredder-Verfahren: für alle Lampentypen sowie Lampenbruch und Produktionsabfälle;
- Glasbruch-Wasch-Verfahren: für alle Lampentypen sowie Lampenbruch und Produktionsabfälle;
- Zentrifugal-Separationsverfahren: für alle Kompaktleuchtstofflampen und andere nicht stabförmige Leuchtstofflampen

Je nach Verfahren können verschiedene Stoffe (Fraktionen) zurückgewonnen werden. In der Regel sind dies:

- Natron-Kalkglas: Die Quecksilber-Anhaftungen müssen unter 5 mg/ kg liegen. Natron-Kalkglas wird zur Produktion neuer Lampen eingesetzt.
- Kunststoffe: Diese werden in der Regel energetisch verwertet.
- Metalle, insbesondere Endkappen aus Aluminium: Diese werden der stofflichen Verwertung zugeführt.
- Quecksilber: Die Abscheidung und Aufbereitung ermöglicht einen erneuten Einsatz oder eine fachgerechte Deponierung.
- Leuchtstoffe: Wurden bislang oft gemeinsam mit Glasstaub als Sonderabfall, z.B. in einer Untertage-deponie, entsorgt. Die Recyclingtechnologien zur Rückgewinnung der in den Leuchtstoffen enthaltenen Seltenen Erden sind nach verschiedenen Brancheninformationen in Entwicklung; in Frankreich ist Anfang 2012 eine Anlage der Rhodia-Gruppe in (Pilot-)Betrieb gegangen. Derzeit nehmen verschiedene Hersteller die separierten Leuchtstoffe zurück und lagern sie zwischen.

Bezüglich der Verwertung schreibt das ElektroG eine stoffliche Verwertungsquote von 80 % des Lampengewichts vor. Diese Quote wurde in den Jahren 2006 bis 2010 eingehalten (2010: 87,5 %). Darüber hinaus wird im Anhang III des ElektroG vorgegeben, dass das zur Verwertung vorgesehene Altglas einen Wert von 5 mg Hg/kg Altglas nicht überschreiten darf. Für weitere Fraktionen (z.B. Aluminium aus den Endkappen von stabförmigen Leuchtstofflampen) gibt es keine Grenzwerte.

Das Quecksilber wird mit dem Leuchtstoffpulver abgeschieden. Aus dieser Fraktion lässt sich mittels thermischer Verfahren (Destillation) sehr reines Quecksilber gewinnen, das wieder in der Produktion zum Einsatz kommen kann. Ein Teil des Quecksilbers verbleibt in der Glas- und der Aluminium-Fraktion, wobei bzgl. des Glases der oben genannte Grenzwert für die Zuführung zu einer stofflichen Verwertung einzuhalten ist. Im Abluftstrom verbliebenes Quecksilber wird mittels Aktivkohle so weit entfernt, dass immissionsschutzrechtliche Bestimmungen eingehalten werden.

Besondere Aufmerksamkeit muss der potenziellen Verschleppung von Quecksilber aus Altlampen in verschiedene Materialfraktionen während des Aufbereitungsprozesses gewidmet werden. So zeigte eine im Herbst 2010 in der Schweiz erschienene Studie,<sup>61</sup> dass die Endkappen aus Aluminium teilweise stark mit Quecksilber kontaminiert und für eine stoffliche Verwertung nicht geeignet sind. Hier sind vorsorgende Vermeidungs- oder nachsorgende Dekontaminationsmaßnahmen notwendig und umsetzbar, so dass eine stoffliche Verwertung möglich wird.

Laut EU-Mercury-Report 200862 endeten in der EU 2007 14 t Quecksilber aus Lampen als Abfall. Nur 1,6 t (das sind 11 %) Quecksilber wurden davon einer stofflichen Verwertung zugeführt. Die restlichen 89 % wurden deponiert.

## FAZIT

Ein Großteil des Quecksilbers aus alten Lampen wird in Deutschland nach Kenntnisstand des UBA zurückgewonnen und kann wieder zur Herstellung neuer Lampen eingesetzt werden. Wird das Quecksilber nicht wieder in den Stoffkreislauf zurückgeführt, ist es konzentriert abzuscheiden und sicher entsprechend der EU-Regelungen zu deponieren. Aufgrund der globalen Bemühungen, den Einsatz von Quecksilber in Produkten und der Produktion weiter zu mindern, wird dies in Zukunft immer häufiger relevant sein. Die Voraussetzung für die vollständige Erfassung von Quecksilber aus Altprodukten wie Kompaktleuchtstofflampen und stabförmigen Leuchtstofflampen ist deren getrennte Erfassung und gezielte Behandlung.

Die durch die EU vorgegebenen Recyclingquoten für Gasentladungslampen von 80 % des Lampengewichts werden von Deutschland seit Jahren übererfüllt. Eine besondere Herausforderung für die Zukunft und ein Beitrag zur verbesserten Ressourcenschonung ist die Rückgewinnung der Seltenen Erden, die in den Leuchtstoffen der Gasentladungslampen Verwendung finden.

## 5.4 Entsorgung über den Restmüll

Werden quecksilberhaltige Altlampen fälschlicherweise über den Restmüll entsorgt, kann es sowohl im Abfalleimer als auch in der Mülltonne zu einem Lampenbruch kommen. In diesem Fall können Quecksilber-Emissionen entstehen. Auch im Müllsammel-fahrzeug können Lampen durch die stattfindende Verdichtung des Restabfalls zerbrechen und Quecksilber in die Umwelt gelangen.

Hinsichtlich der Entsorgung des Restsiedlungsabfalls kann grundsätzlich von zwei Entsorgungswegen ausgegangen werden:

- Siedlungsabfallverbrennungsanlage (MVA);
- Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA).

Beim Eintrag quecksilberhaltiger Abfälle in Siedlungsabfallverbrennungsanlagen ist zu beachten, dass Quecksilber das einzige Schwermetall ist, das bei der Verbrennung vollständig verdampft und bei der Abgasreinigung nur teilweise an Staubpartikeln abgelagert wird. Das restliche, gasförmige Quecksilber kann durch Adsorption bzw. Chemiesorption an Feststoffen oder durch Absorption in einem Nasswäscher aus dem Abgas entfernt werden.

Die Emissionen von Quecksilber werden gemäß 17. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz kontinuierlich überwacht und müssen die nachfolgenden Grenzwerte einhalten:

- 0,03 mg Hg/m<sup>3</sup> (als Tagesmittelwert);
- 0,05 mg Hg/m<sup>3</sup> (als Halbstundenmittelwert)
- 0,01 mg Hg/m<sup>3</sup> (als Jahresmittelwert).<sup>63</sup>

Im Betrieb werden in der Regel die nachfolgend dargestellten Betriebswerte erreicht.



Tabelle 6

**Angaben aus dem BVT-Merkblatt „Abfallverbrennung“**

Stoff	Einzelmessung	Halbstunden- mittelwert	Tages- mittelwert	Bemerkungen der BREF-Arbeitsgruppe von 2005
mg Hg/ m <sup>3</sup>	<0,05	0,001 - 0,03	0,001 - 0,02	Input-Minderung, C-dotierte Adsorptionsverfahren

Aufgrund der bekannten Emissionsdaten kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass beim zusätzlichen Eintrag geringer Quecksilbermengen (einzelne Kompaktleuchtstofflampen) keine negativen Auswirkungen auf die Emissionssituation zu erwarten sind.

Der Eintrag in die Luft kann also als gering angesehen werden. Allerdings hat jede Abgasreinigung bei leichtflüchtigen Metallen wie Quecksilber ihre Grenzen. Diese werden dann erreicht, wenn statt kontinuierlich kleinen Mengen, chargenweise (illegal) quecksilberhaltige Abfälle in größeren Mengen der Siedlungsabfallverbrennungsanlage zugeführt werden.

In der mechanischen Aufbereitungsstufe der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung wird der Glaskörper der Lampen mit großer Wahrscheinlichkeit zerstört, so dass damit ein Übergang des in den Lampen enthaltenen Quecksilbers in das Abgas möglich ist. Die für diese Anlagen geltende 30. BImSchV<sup>64</sup> fordert eine vollständige Erfassung und Behandlung aller Abgasströme. Die Abgasreinigung der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung ist jedoch nicht auf einen selektiven Rückhalt von Quecksilber ausgerichtet, so dass bei einer Behandlung von fälschlicherweise über den Restmüll entsorgten Kompaktleuchtstofflampen in einer MBA eine Freisetzung zu befürchten wäre.

Bei der Behandlung geringer Mengen an Kompaktleuchtstofflampen (Fehlwürfe im Restabfall) in der MBA ist nach Kenntnisstand des UBA keine gesundheitliche Gefährdung des Personals oder der Bevölkerung zu erwarten.

Grundsätzlich sollten quecksilberhaltige Abfälle aber getrennt erfasst und möglichst nicht über den Restmüll entsorgt werden.

**FAZIT**

Gelangt Quecksilber über den Hausmüll in die Abfallverbrennung, wird es durch die aufwändige Abgasreinigung weitestgehend aus dem Abgas entfernt. Die Abfallverbrennung stellt insofern in Deutschland eine effektive Quecksilbersenke dar. Für die Entsorgung größerer Mengen quecksilberhaltiger Abfälle ist die Abfallverbrennung jedoch keine geeignete Methode.

Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung ist aufgrund der Auslegung der Abgasreinigung ebenfalls nicht für die Behandlung von Abfällen mit höheren Quecksilber-Gehalten geeignet.

Die rechtlich vorgeschriebene gezielte separate Behandlung von Altlampen sollte grundsätzlich erfolgen, um Quecksilber aus dem Kreislauf zu entfernen.

## 6 Das Wesentliche zum Schluss: Quecksilber in Lampen

- Die größten vom Menschen verursachten Quecksilberemissionen entstehen bei der Produktion von Strom und Wärme aus Kohle. In Deutschland wird ein Großteil des Stromes in Kohlekraftwerken erzeugt. Glühlampen enthalten zwar selbst kein Quecksilber, haben aber einen deutlich höheren Strombedarf als Kompaktleuchtstofflampen. Damit verursachen auch Glühlampen bei ihrer Nutzung erhebliche Quecksilberemissionen. Ein Ersatz der Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen führt im Ergebnis nicht zu höheren Quecksilberemissionen, das Gegenteil ist der Fall.
- Im Jahr 2007 wurden in der EU 3 % des Gesamtverbrauches an Quecksilber in der Produktion für der Herstellung von Lampen eingesetzt. Deutlich höher ist beispielsweise der Einsatz in Dentalamalgam.
- Der maximal zulässige Gehalt an Quecksilber in Kompaktleuchtstofflampen beträgt 5 mg. Für Lampen, die üblicherweise in Haushalten zum Einsatz kommen (Leistungsaufnahme unter 50 Watt), beträgt der maximal zulässige Wert seit 1. Januar 2012 3,5 mg. In Kompaktleuchtstofflampen mit einer Leistungsaufnahme unter 30 Watt dürfen seit 1. Januar 2013 höchstens 2,5 Milligramm eingesetzt werden. Die Hersteller müssen außerdem seit 1. September 2010 den Gehalt an Quecksilber auf der Verpackung von Kompaktleuchtstofflampen angeben. Auch bei Lampenbruch sind bei Beachtung der empfohlenen Vorsichtsmaßnahmen und umsichtigem Umgang keine gesundheitlichen Gefährdungen zu erwarten. Antworten auf die Frage, was zu tun ist, wenn eine Lampe zerbricht, finden Sie unter <http://www.umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm>.
- Wichtig ist die fachgerechte Entsorgung der Altlampen in einer Sammelbox oder auf dem Wertstoffhof. Nur so wird vermieden, dass Quecksilber in die Umwelt gelangt und nur dann können Lampen recycelt werden.



## Abkürzungen

a	annum (Jahr)
ASGM	Artisanal and Small-scale Gold Mining
BGBI	Bundesgesetzblatt
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BREF	Best Available Technique Reference Document
BRIC	Brasilien, Russland, Indien und China
BVT	Beste verfügbare Technik
EECCA	Eastern Europe, Caucasus and Central Asia
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
EU	Europäische Union
GEF	Global Environment Facility (Globale Umweltfazilität)
GFA	Großfeuerungsanlage
Hg	Quecksilber
INC	International Negotiation Committee
KLL	Kompaktleuchtstofflampe
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LED	Licht emittierende Diode
MBA	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung
MVA	Siedlungsabfallverbrennungsanlage
öfE	öffentlich rechtliche Entsorger
RoHS	Restriction of (the use of certain) hazardous substances
t	Tonne
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen)
UNEP	United Nations Environment Programme (Umweltprogramm der Vereinten Nationen)

## Endnoten

- 1 Die Umweltbehörde der USA empfiehlt z.B. Schwangeren und Kindern auf den Verzehr von Fisch (z.B.: Makrele und Schwertfisch) in bestimmten Regionen zu verzichten. <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/fishshellfish/fishadvisories/technical.cfm#tabs-4>
- 2 COWI, Concorde; report for European Commission, Directorate-General Environment: Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society, Final Report, December 2008, (EU Mercury Report 2008).
- 3 Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament: Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber, KOM/2005/0020 endg.
- 4 UNEP: Global Atmospheric Mercury Assessment – Sources, Emissions and Transport, Geneva, Switzerland, 2008.
- 5 Auch für 2007 wird ein Einsatz von 3 bis 6 t für die Goldgewinnung angenommen, dieser Einsatz ist jedoch illegal.
- 6 Eurochlor 2009, dabei handelt es sich um die Menge, die in den Zellen der Chlor-Alkalianlagen aufgefüllt wird.
- 7 Schätzung des UBA, bezogen auf die in Verkehr gebrachte Menge an Hg in Knopfzellen. Der tatsächliche Wert liegt wahrscheinlich eher an der unteren Grenze der angegebenen Spanne.
- 8 Schätzung des UBA, bezogen auf die in Deutschland eingesetzten Leuchtmittel. Der tatsächliche Wert liegt wahrscheinlich eher an der unteren Grenze der angegebenen Spanne.
- 9 Quecksilberhaltige, medizinische Thermometer dürfen ebenso wie andere quecksilberhaltige Messgeräte (Manometer, Barometer) seit 2009 nicht mehr in den Handel gebracht werden.
- 10 Ältere Fische enthalten infolge der Anreicherung über die Nahrung deutlich mehr Quecksilber als jüngere. Die bei Fisch am häufigsten vorkommende Quecksilberverbindung ist Methylquecksilber. Ihr Anteil kann über 90 % des Gesamtquecksilbers im Fisch betragen. Methylquecksilber ist die am stärksten toxische Quecksilberform. Es ist sehr gut fettlöslich und kann sowohl die Blut-Hirn-Schranke als auch die Plazentabarriere überwinden. Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln beträgt der EU-weit geltende Höchstgehalt für Gesamtquecksilber in Fischen grundsätzlich 0,5 mg/kg Frischgewicht; für einige Fischarten gilt ein höherer EU-Höchstgehalt in Höhe von 1 mg/kg Frischgewicht (weitere Informationen siehe BMUB-Verbrauchertipp Nr. 2 unter [www.bmub.de/P534/](http://www.bmub.de/P534/). Messungen von Überschreitungen kommen vor (insbesondere in nördlicheren Gewässern). Daneben existiert eine Umweltqualitätsnorm für Quecksilber von 20 µg/kg (RL 2008/105/EG). Auch dieser Wert wird in Europa in weiten Teilen überschritten.
- 11 UNEP: Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport, Geneva, Switzerland, 2013.
- 12 Ebd.
- 13 Die Daten entstammen der Nationalen Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention des Umweltbundesamtes, siehe Bereitstellung im Internet [http://cdr.eionet.europa.eu/de/un/UNECE\\_CLRTAP\\_DE](http://cdr.eionet.europa.eu/de/un/UNECE_CLRTAP_DE). Für 2010 9,29 t plus 0,6 t Emissionen der Chlor-Alkali-Industrie, siehe auch Tabelle 3.
- 14 Weiterführende Informationen speziell zu Kohlekraftwerken sind verfügbar unter [http://www.thru.de/fileadmin/SITE\\_MASTER/content/Dokumente/Downloads/Kohlekraftwerke\\_Hg.pdf](http://www.thru.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/Kohlekraftwerke_Hg.pdf).
- 15 Quelle siehe Fußnote 11.
- 16 Quelle: <http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/2012-submissions/>, eingesehen am 04. Februar 2013.
- 17 Quelle siehe Fußnote 14; 9,29 t plus 0,6 t Emissionen aus der Chlor-Alkali-Industrie (siehe folgende Fußnote).
- 18 OSPAR Commission: Mercury losses from the Chlor-alkali industry in 2010, London, 2012, <http://www.ospar.org/documents/dbase/pu->

- blications/p00562\_mercury%20losses%20report%202010.pdf
- 19 Feuerungsanlagen berichtet.
- 20 Emissionen werden vollständig in der Kategorie Feuerungsanlagen berichtet.
- 21 Weitere wesentliche Emittenten, die nicht einzeln aufgeführt sind, sind z.B. die Kremation (Dentalamalgam), Erdöl- und Gasförderung, Verkehr und sonstige Industriezweige.
- 22 Presseerklärung zum Abschluss der Verhandlungen: [http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/INC5/press\\_release\\_mercury\\_Jan\\_19\\_2013.pdf](http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/INC5/press_release_mercury_Jan_19_2013.pdf).
- 23 Der UNECE-Raum umfasst Europa und die Staaten der ehemaligen Sowjetunion sowie die Länder Canada und USA.
- 24 Text des neuen Protokolls: [http://www.unece.org/env/lrtap/hm\\_h1.html](http://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.html).
- 25 Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament: Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber, KOM/2005/0020 endg. vom 28.1.2005.
- 26 Für eine Übersicht siehe BIOIS: Review of the Community Strategy Concerning Mercury, 2010.
- 27 VERORDNUNG (EG) Nr. 1102/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 22. Oktober 2008 über das Verbot der Ausfuhr von metallischem Quecksilber und bestimmten Quecksilberverbindungen und -gemischen und die sichere Lagerung von metallischem Quecksilber.
- 28 „Verhalten von Quecksilber (Hg) und Quecksilberverbindungen bei der untertägigen Ablagerung in Salzformationen, insbesondere der möglichen Mobilisierung von Hg durch saline Lösungen“ (FKZ 371035307).
- 29 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission, i.d.g.F.
- 30 Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. Eine Neufassung dieser Richtlinie erfolgte durch die Richtlinie 2011/65/EU vom 8. Juni 2011.
- 31 Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroStoffV). Im Bundesgesetzblatt verkündet am 08.05.2013 (BGBl. I S. 1111.). Die Verordnung trat am 09.05.2013 in Kraft.
- 32 Hierzu zählen Quecksilberdampfhochdrucklampen, Natriumdampfhochdrucklampen oder Halogen-Metalldampflampen.
- 33 Die Bezeichnung „Energiesparlampe“ war früher in der Verwendung nicht reglementiert und so diente sie der Bewerbung vieler Lampen: in erster Linie für Kompaktleuchtstofflampen mit eingebautem Vorschaltgerät, aber auch für bestimmte Halogenleuchtstofflampen und einzelne LED-Lampen. Tatsächlich ist bei diesen Lampen die Ersparnis an Elektroleistung recht unterschiedlich: Sie reicht von rund 20 bis 80 %. Inzwischen gilt die EG-Verordnung 244/2009, nach der eine Lampe nur noch dann als Energiesparlampe oder ähnlich bezeichnet werden darf, wenn sie eine bestimmte Effizienz hat – umgerechnet entsprechend einer Mindestersparnis von etwa 70 % im Vergleich zu einer Standardglühlampe. Dies gilt unabhängig von der Lichterzeugungstechnik für alle Lampen. Erreicht wird der genannte Wert nur von einem Teil der Kompaktleuchtstofflampen und von einem Teil der LED-Lampen. Als Synonym für Kompaktleuchtstofflampe sollte die Bezeichnung „Energiesparlampe“ deshalb nicht mehr verwendet werden.

- 34 Quelle siehe Fußnote 2. Nach den Angaben in Tabelle 1 waren es 2005 in der EU 25 t. Bezogen auf den Gesamteinsatz an Quecksilber in der Produktion 2005 nach den Quellen der Tabelle 1 wären dies rund 5 %.
- 35 Ebd.
- 36 Hintergrundbeleuchtung von Flüssigkristallbildschirmen, z.B. bei Fernsehgeräten, Navigationsgeräten, Fotokameras und Monitoren.
- 37 Wie in Kap. 2 dargestellt, ist der Quecksilbergehalt in Lampen EU-weit geregelt und in Deutschland über die Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro-StoffV) umgesetzt. Alle Angaben mit „max.“ geben den gesetzlichen Grenzwert an. Weitere Quelle: Swedish Chemicals Agency: Mercury in Lamps, 2008.
- 38 Herstellerangaben zufolge liegt die Leistungsaufnahme bei Lampen für Projektoren bei 120 W bis 370 W und der Quecksilbergehalt beträgt 12 mg bis ca. 45 mg. Am Markt sind auch Projektoren verfügbar, die quecksilberfreie Techniken einsetzen (Leuchtdioden (LED) und/oder Laser).
- 39 Siehe auch Kapitel 5.4.
- 40 Siehe auch Kapitel 5.3.
- 41 Siehe auch Kapitel 5.4.
- 42 Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs; Lot 19: Domestic lighting; Final Task Report; Study for European Commission DGTREN unit D3, contractor VITO; October 2008.
- 43 Mittlerweile liegt der zulässige Höchstwert für in Haushalten übliche Lampen bei 2,5 mg.
- 44 Standardglühlampen sind herkömmliche Glühlampen, also keine Halogenleuchtstofflampen, mit einem klaren Kolben in Birnenform in Standardgröße, gefüllt nicht mit Krypton, sondern z. B. Stickstoff, mit E27-Schraubsockel und einer Lebensdauer von 1.000 Stunden.
- 45 „Mlmh“ steht für Megalumenstunden und damit für die Lichtmenge. Da die hier verglichenen Lampen unterschiedlich lange Lebensdauern haben, wäre ein Vergleich nur auf Grundlage des Lichtstromes (Einheit Lumen (lm)) nicht sinnvoll. Deshalb wird der Quecksilberausstoß auf das Produkt aus Lichtstrom und Lebensdauer (Lumen × Stunden) bezogen.
- 46 Siehe Abschnitt 5.2.1 in der in Fußnote 43 genannten Studie. Als Emissionswert wird dort 0,016 mg Hg/kWh in die Luft genannt bei einem Einsatz von 31 % Kohle, 22 % Gas und Öl sowie 47 % nichtfossiler Quellen (davon 32 % Atomkraft); Stand: 2008 oder früher.
- 47 BVT-MB GFA: Beste verfügbare Technik – Merkblatt: Großfeuerungsanlagen.
- 48 Die Quecksilberemissionen der Kraftwerke in Deutschland betragen 2010 5,9 Tonnen bei einer Bruttostromerzeugung von 628,6 TWh. Dies ergibt einen Emissionsfaktor von rund 0,009 mg Hg/kWh. Für die EU wurden 0,016 mgHg/kWh angegeben (Stand 2008, auf Basis des damaligen Energiemixes in der EU), siehe auch Fußnote 46.
- 49 Standardglühlampen sind herkömmliche Glühlampen, also keine Halogenleuchtstofflampen, mit einem klaren Kolben in Birnenform in Standardgröße, gefüllt nicht mit Krypton, sondern z. B. Stickstoff, mit E27-Schraubsockel und einer Lebensdauer von 1.000 Stunden.
- 50 Seit April 2009 schreibt die EU in der Verordnung (EG) 244/2009 vor, wie effizient üblicherweise in Haushalten eingesetzte Leuchtmittel sein müssen. Dies soll helfen, den ganz erheblichen Stromverbrauch für Haushaltslampen\* von rund 112 Milliarden Kilowattstunden im Jahre 2007 in der EU zu senken. Ohne Maßnahmen würde dieser Schätzungen zufolge bis 2020 auf 135 Milliarden Kilowattstunden steigen. Durch die EU-Vorschriften soll der Verbrauch im Jahr 2020 gegenüber diesem Trend um 39 Milliarden Kilowattstunden gesenkt werden – das entspricht der Jahresleistung von rund 10 Großkraftwerken (mit je 800 Megawatt).

- Herkömmliche Glühlampen können die neuen EU-Effizienzvorschriften nicht erfüllen und werden deshalb nach und nach vom Markt verschwinden. Seit dem 1. September 2012 gelten die Effizienzvorschriften für alle Glühlampen mit einem Lichtstrom größer als 60 Lumen (entspricht etwa 10 Watt bei Standardglühlampen). Die klassischen Lampen für die Weihnachtsbaumbeleuchtung beispielsweise, die einen geringeren Lichtstrom liefern, bleiben somit weiterhin zulässig.
- \* Die Verordnung 244/2009 betrifft nur Haushaltslampen. Für eher in Büros und Industrie eingesetzte stabförmige Leuchtstofflampen ohne eingebautes Vorschaltgerät und die Straßenbeleuchtung betrug der Verbrauch ca. 200 Milliarden Kilowattstunden.
- 51 Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten. Im Bundesgesetzblatt verkündet am 23. März 2005 (BGBl. I S. 762 f.). Das Gesetz trat am 24. März 2005 in Kraft und wird auf Grund der neugefassten Richtlinie 2012/19/EU derzeit novelliert.
- 52 Neben Lightcycle gibt es noch weitere freiwillige Rücknahmesysteme, jedoch hat Lightcycle den größten Marktanteil. Daher stützen sich die Aussagen zur freiwilligen Sammlung auf Angaben von Lightcycle.
- 53 Stand Dezember 2012. Vgl.: <http://www.lightcycle.de/presse/infografiken.html>.
- 54 Zum Vergleich: Ende 2009/Anfang 2010: 1.435 Sammelstellen im kommunalen Bereich und 725 Sammelstellen im Handel.
- 55 Neufassung der Elektro- und Elektronik-Altgeräte-Richtlinie (Richtlinie 2012/19/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012).
- 56 Lightcycle geht von weniger als 2 % aus, das UBA schätzt die Bruchrate auf 5 %.
- 57 Lichtzeichen Politikbrief, März 2011 (<http://www.lightcycle.de/presse/publikationen/politikbrief.html>).
- 58 Siehe Richtlinie 2009/161/EU der Kommission vom 17. Dezember 2009 zur Festlegung einer dritten Liste von Arbeitsplatz-Richtgrenzwerten sowie Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900).
- 59 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) vom 24. Februar 2012 (Inkrafttreten am 01. Juni 2012).
- 60 Siehe auch: BMUB-Hinweise zu den rechtlichen Rahmenbedingungen für eine freiwillige Rücknahme von Alt-Energiesparlampen nach § 9 Abs. 7 ElektroG durch den Handel; [http://www.bmub.de/files/abfallwirtschaft/elektro\\_und\\_elektronikgeraetegesetz/application/pdf/hinweise\\_ruecknahme\\_lampen.pdf](http://www.bmub.de/files/abfallwirtschaft/elektro_und_elektronikgeraetegesetz/application/pdf/hinweise_ruecknahme_lampen.pdf).
- 61 „Erhebung von Quecksilberkonzentrationen in Fraktionen der Leuchtmittelverarbeitung“, Technische Kontrollstelle SENS, Oktober 2010.
- 62 Quelle siehe Fußnote 2.
- 63 Gilt für neu zu errichtende Verbrennungsanlagen sowie ab 1. Januar 2019 für bestehende Verbrennungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 50 MW.
- 64 Dreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen vom 20. Februar 2001 (BGBl. I S. 317). Geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900).



► **Diese Broschüre als Download**

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/quecksilber-in-umwelt-produkten-schwerpunkt-lampen>

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt