PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT umweltbundesamt

LAMPENBEHANDLUNG

Ist-Stand in Österreich mit besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Abfallbehandlungspflichtenverordnung

Zusammenfassung

Maria Tesar
Monika Denner

Wien 2014

AutorInnen

Maria Tesar
Monika Denner

Dank gilt den Betreibern der Behandlungsanlagen, insbesondere der Fa. Saubermacher und der Fa. Tyrolux, und jenen Institutionen, welche durch ihre Kooperation und durch die zur Verfügung gestellten Unterlagen zur Durchführung der vorliegenden Studie beitrugen.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: **http://www.umweltbundesamt.at/**

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung, gedruckt auf CO_2-neutralem 100 % Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien 2014
Alle Rechte vorbehalten

1 INHALT

1 INHALT 3

2 EINLEITUNG 5

2.1 Hintergrund und Ziele des Projekts 5

2.2 Übersicht Lampen und Altlampen 6

2.3 Behandlungsverfahren 8

3 LAMPENBEHANDLUNG IN ÖSTERREICH 10

3.1 Behandlungsanlagen 10

3.2 Ergebnis Behandlung von stabförmigen Leuchtstofflampen 13

3.3 Ergebnis Behandlung von Kompaktleuchtstofflampen 17

4 FAZIT 18

4.1 Bewertung der Lampenbehandlung in Österreich in Hinblick auf die Vorgaben der Abfallbehandlungspflichtenverordnung 18

4.2 Behandlung nicht stabförmiger Leuchtstofflampen 21

4.3 Konkretisierung von Mindestanforderungen an Sammlung, Lagerung und Behandlung von Lampen 23

5 REFERENZEN 25

2 EINLEITUNG

2.1 Hintergrund und Ziele des Projekts

Jährlich fallen derzeit knapp 1.000 t (Gasentladungs-)lampen in Österreich an. Aufgrund des aktuell stattfindenden Austauschs von Glühbirnen durch „Energiesparlampen“, ist mittelfristig mit einem steigenden Gesamtaufkommen zu rechnen.

Gasentladungslampen enthalten einerseits Schadstoffe (Hg, bleihaltiges Glas), welche bei der Behandlung emittiert oder mit Wertstofffraktionen weiter verteilt werden können, andererseits Wertstoffe wie Natronkalkglas und Metalle (Aluminium-Endkappen), deren Recycling erwünscht ist. Im Leuchtmittel sind aus Ressourcensicht Seltenerdmetalle wie insbesondere Yttrium, Cer und Lanthan von Bedeutung.

Aus der Literatur, wie einer 2010 publizierten Studie[1] zur Lampenbehandlung in der Schweiz ist bekannt, dass bei der Behandlung von Gasentladungslampen teilweise deutliche Defizite - und zwar nennenswerte diffuse Verteilung von Quecksilber mit den erhaltenen Wertstofffraktionen - auftraten. Von Seiten der Metallverwerter ist bekannt, dass die bei der Lampenbehandlung anfallenden Aluminium-Endkappen teilweise hohe Hg-Gehalte aufweisen.

Motivation

Umfassende Informationen zur Lampenbehandlung in österreichischen Anlagen lagen bisher nicht vor.

Ziele

Die wesentlichen **Ziele** des Projekts waren:

- die Bewertung der beiden in Österreich angewandten Behandlungsverfahren für Gasentladungslampen unter Berücksichtigung der Anforderungen der Abfallbehandlungspflichtenverordnung[2] (Schwerpunkt Hg-Emissionen) und des Stands der Technik sowie
- die Erarbeitung von Vorschlägen zur Anpassung der Abfallbehandlungspflichtenverordnung in Bezug auf die Lampenbehandlung

Vorgangsweise

Dazu wurden folgende **Arbeiten** durchgeführt:

- Erhebungen zur angewandten Behandlungstechnologie, zu Qualität und Verbleib der bei der Behandlung anfallenden Abfälle sowie zu Anforderungen an die Überwachung der Behandlung hinsichtlich Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen bei den österreichischen Behandlungsanlagen.
- Analytische Charakterisierung der Outputfraktionen aus der Behandlung von stabförmigen Leuchtstofflampen sowie von bestimmten Kompaktleuchtstofflampen. Die Probenahme erfolgte im Rahmen von Versuchsaufbereitungen von jeweils ca. 3 t an stabförmigen Lampen (etwa eine Wochenproduktion)

[1] *Hug & Renner (2010): Erhebung von Quecksilberkonzentrationen in Fraktionen der Leuchtmittelverarbeitung unter Berücksichtigung von Aspekten zur Probenahme und Analytik.*

[2] BGBl. II Nr. 1459/2004 zuletzt geändert durch BGBl II Nr. 363/2006

und einer Behandlungsmenge von etwa 1 t Kompaktleuchtstofflampen. Es wurden Konzentrationen an Hg, Pb und Seltenerdelementen quantitativ bestimmt. Zusätzlich wurden die bei der Behandlung anfallenden Stäube mittels Elementscreening charakterisiert.

- Erhebungen zum Stand der Technik bzw. zu Behandlungsstandards in anderen europäischen Ländern und auf EU-Ebene.
- Darstellung der für die genannten Fragestellungen relevanten Aspekte zu Lampenbehandlungsverfahren generell und zu Art, Menge und Eigenschaften von Lampen bzw. Altlampen.

2.2 Übersicht Lampen und Altlampen

Lampentypen

In Hinblick auf die Behandlung muss insbesondere in Lampen, die **Quecksilber enthalten** (die meisten **Gasentladungslampen**) und solche, die **kein Quecksilber enthalten** - wie Halogenlampen, LEDs oder Glühlampen - unterschieden werden.

Für die Behandlung sind weiters folgende Eigenschaften relevant:

- Art des enthaltenen Quecksilbers: überwiegend partikelförmig im Leuchtstaub bzw. in flüssiger Form,
- Menge des enthaltenen Quecksilbers: wenige mg/Lampe bzw. bis zu g/Lampe
- Überdruck im Inneren der Lampe (Höchstdruckdrucklampen erfordern besondere Vorsichtsmaßnahmen bei der Manipulation)
- Form: stabförmig bzw. nicht stabförmig (auch allgemein “Sonderformen” genannt)
- Etwaige Anhaftungen (Kunststoffumwicklungen etc.)

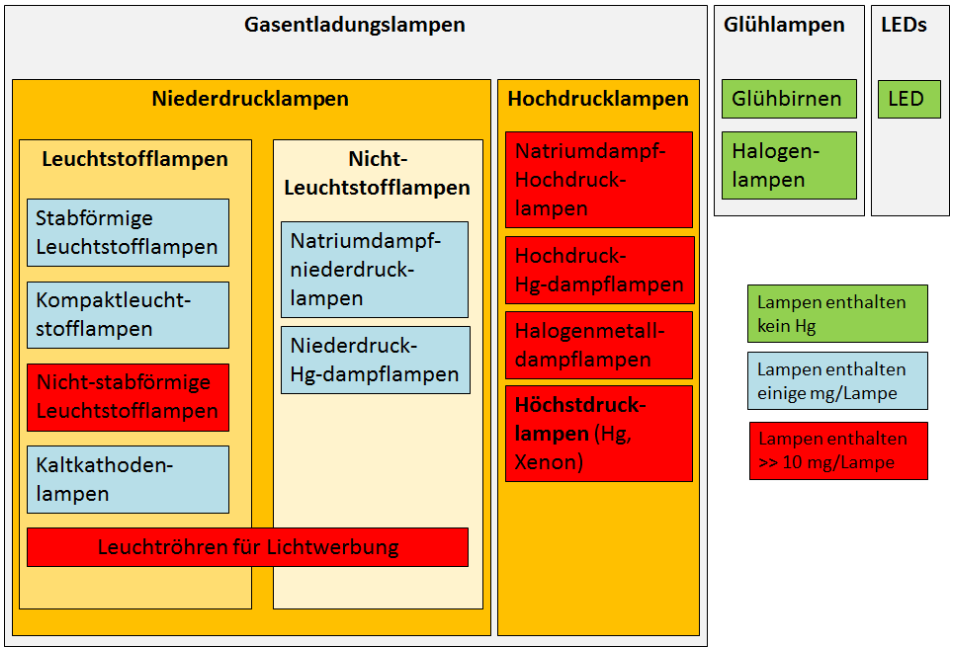

Abbildung 1: Übersicht Lampentypen

Zusammensetzung Altlampen

Gemäß der jüngsten für Österreich verfügbaren Informationen (Sortierananlyse aus dem Jahr 2012) entfielen etwa **2/3** der Altlampen auf **stabförmige Leuchtstofflampen** und etwa **1/3** auf **Sonderformen** (IAE, 2012). Die Sonderformen setzten sich zu etwa **2 Drittel** aus Kompaktleuchtstofflampen, zu etwa einem **Viertel** aus anderen Hg-haltigen Lampen bzw. einem Rest an Hg-freien Lampen zusammen.

Bruchrate bei der Sammlung

Informationen zum Anteil an gebrochenen Lampen variieren zwischen 3 und 5 % Bruch für stabförmige Leuchtstofflampen und bis zu 15% Bruch in Sammelgefäßen für „Sonderformen".

Quecksilbergehalte der häufigsten Lampentypen

Für derzeit anfallende **stabförmige Leuchtstofflampen** wird ein Hg-Gehalt von etwa 16 mg/Stück[3] bzw. 80 mg/kg geschätzt. Durch das Verbot von Hg in Elektrogeräten bzw. bei Einhaltung der zulässigen Hg-Höchstgehalte für Lampen gemäß RoHS-Richtlinie[4] (3 – 5 mg/Lampe) sollte der Gehalt zukünftig auf etwa 15 – 25 mg/kg zurückgehen.

Für derzeit anfallende **Kompaktleuchtstofflampen** wird ein Hg-Gehalt von etwa 5 mg/Stück[5] bzw. 62 mg/kg geschätzt. Durch das Verbot von Hg in Elektrogeräten bzw. bei Einhaltung der zulässigen Höchstgehalte für Lampen gemäß RoHS-Richtlinie (2,5 – 15 mg/Lampe) und der Annahme, dass die überwiegende Zahl der Lampen nur 2,5 mg/Stück enthalten, sollte der Hg-Gehalt auf etwa 31 mg/kg zurückgehen.

In **Natriumniederdruckdampflampen** sind gemäß RoHS-Richtline maximal 15 mg Hg pro Lampe[6] zulässig, was etwa 30 mg/kg entspricht.

Hochdruckdampflampen, wie Natriumdampfhochdrucklampen (zulässige Hg-Höchstwerte: 25 bis 40 mg/Lampe) und insbesondere Metallhalogendampflampen (vom Hg-Verbot ausgenommen) können Quecksilber **im g/kg** Bereich enthalten. Dasselbe gilt für **Leuchtröhren** in der Lichtwerbung.

Weitere umweltrelevante Inhaltsstoffe

Weitere umwelt- bzw. gesundheitsrelevante Stoffe in Lampen sind schwach radioaktive Stoffe wie Thorium in Hochdruckdampflampen, Krypton oder Arsenide in LEDs.

---

[3] Durchschnittsgewicht stabförmige Leuchtstofflampe: 200 g

[4] RoHS-Richtlinie (2011/65/EG)

[5] Durchschnittsgewicht Kompaktleuchtstofflampe: 80 g

[6] Annahme Gewicht Lampe: 500 g (Produktdatenblätter Philips)

2.3 Behandlungsverfahren

Es gibt im Wesentlichen die folgenden Behandlungsverfahren für Lampen.

Tabelle 1: Übersicht Lampenbehandlungsverfahren

Verfahren	Art	Behandelte Lampen	Erwärmung des Materials
Kapp-Trenn-Verfahren	Mechanisch, trocken	Stabförmige Leuchtstofflampen, Kappenbruch	Ja (350 - 500°C)
Zentrifugalverfahren	Mechanisch, trocken	Alle nicht stabförmigen Lampen	tlw.(ca. 350 – 500°C
Shredderverfahren	Mechanisch, trocken	Alle Leuchtstofflampen, Niederdruckgasentladungslampen, Lampenbruch, Produktionsabfälle	nein
Glasbruchwaschverfahren	Mechanisch, nass, optisch	Alle Lampen, Lampenbruch, Produktionsabfälle	nein
Drehrohr	Thermisch, mechanisch	Hochdruckdampflampen	Ja (600°C)

Kapp-Trenn-Verfahren

Beim Kapp-Trenn-Verfahren werden die Lampen einzeln in die unter Unterdruck stehende Anlage eingebracht. Die Lampen werden belüftet, Leuchtstaub wird aus den Röhren ausgeblasen. Anschließend wird der Kappenbereich mittels Brenner oder Brecher vom Glaskörper an einem genau definierten Bereich abgetrennt. Das gewährleistet, dass das Bleiglas vom Natronkalkglas separiert wird. Glaskörper und Kappenbereich werden anschließend separat weiter aufbereitet. Der Kappenbereich wird mechanisch (Zerkleinerung, Zentrifugierung, Siebung) in eine Kappenfraktion (Al-Endkappen mit Anhaftungen wie Stiften) und eine restliche Fraktion bestehend aus Bleiglas, metallischen Teilen und Kunststoffteilen getrennt. Der Glaskörper unterliegt verschiedenen Zerkleinerungsschritten. Beide Teilströme unterliegen einer thermischen Behandlung bei 350 bis 550°C sowie einer thermischen Nachbehandlung über mehrere Stunden. Durch den Luftstrom werden sowohl der Hg-haltige Leuchtstaub als auch das dampfförmig vorliegende Hg der Abluftreinigung (Zyklone, Sinterlamellenfilter und Aktivkohlefilter oder Auskondensierung des Hg) zugeführt. Beipiele für Hersteller der Anlagen sind Herborn oder MRT. Kapp-Trenn-Anlagen sind weit verbreitet. Beispiele für Betreiber sind Tyrolux (AT), Larec (D), Nordic Recycling (SE) oder eds-r (D).

Zentrifugalverfahren

Mit dem Zentrifugalverfahren kann jede Art von nicht stabförmigen Lampen verarbeitet werden[7]. Die Lampen werden in einer unter Unterdruck stehenden Sieb-Zentrifuge in Lampensockel (Metall/Kunststoff) und Glaskörper getrennt. Der Lampensockel wird ausgeschleust. Während der Separation wird das Leuchtmittel abgesaugt und der Abgasreinigung (Filter, Aktivkohle) zugeführt. Die Glasfraktion wird thermisch nachbehandelt (siehe Kapp-Trenn-Verfahren). Das Zentrifugalverfahren wird z.B. von eds-r (D) angewandt.

Shredderverfahren

Mit dem Shredderverfahren werden stabförmige Leuchtstofflampen und „Sonderformen“ zunächst mittels Brecher oder durch Aufprall zerkleinert. Anschlie-

[7] Höchstdrucklampen müssen vorher kontrolliert gebrochen werden

ßend erfolgt mittels Siebung und Metallabscheidern eine Trennung in die Fraktionen Glas, Metall und Feinkornanteil (Leuchtstoff und Glasstaub). Die Aufbereitung findet unter Unterdruck statt. Das Quecksilber wird durch Kondensation oder Adsorption an Aktivkohle aus dem Luftstrom abgeschieden. Die Glasfraktionen erreichen im Vergleich zum Kapp-Trenn-Verfahren eine geringe Reinheit (Verunreinigung mit Metallen, Bleigehalt etc). Beispiele für Hersteller/Entwickler sind air-mercury oder MRT. Beispiele für Betreiber die Fa. SDAG (AT), Sovag/Veolia (H) oder Nordic Recycling (SE).

Glasbruchwasch-verfahren

Mit dem Glasbruchwaschverfahren können verschiedene Lampentypen sowie Lampenbruch und Produktionsausschuss verarbeitet werden. Nach der Zerkleinerung der Lampen in einem Brecher wird das Material einem Vibrationsbecken zugeführt. Dabei werden Leuchtstoff und Hg großteils vom Material gelöst. Mittels Sedimentation wird ein Hg- und leuchtstaubhaltiger Schlamm abgetrennt. Das restliche Material durchläuft verschiedene Sortierschritte (Siebe, Magnetscheidung, optische Sortierung), sodass letzten Endes reine Glasfraktionen, Al-, Fe- und Restfraktionen vorliegen. Angewendet wird es beispielsweise von der Fa. Dela (D).

Drehrohr

Die thermische Behandlung im Drehrohrofen wird für Lampen mit hohen Hg-Gehalten angewandt. Bei einer Temperatur von etwa 600°C wird das enthaltene Quecksilber aus den Feststoffen ausgetrieben und mittels entsprechender Rauchgasreinigung aus dem Abgas abgeschieden. Nach der thermischen Behandlung erfolgt eine Zerkleinerung und mechanische Auftrennung in Glas und Metallfraktionen für die Verwertung.

Vorbehandlung

Darüber hinaus gibt es verschiedene mobile Aggregate, die z.B. nur der Vorzerkleinerung (inklusive Abluftreinigung) von Lampen vor dem Transport zur eigentlichen Lampenbehandlungsanlage dienen.

3 LAMPENBEHANDLUNG IN ÖSTERREICH

3.1 Behandlungsanlagen

Allgemeine Eckdaten österr. Lampenbehandlungsanlagen

In Österreich gibt es derzeit 2 Unternehmen, welche Gasentladungslampen behandeln.

Die Fa. Tyrolux betreibt am Standort Asten eine **Herborn-Anlage** nach dem Kapp-Trenn-Verfahren für stabförmige Gasentladungslampen.

Die Fa. Saubermacher (SDAG) betreibt am Standort Wien seit Ende 2011 eine „**Blubox"-Anlage**, in welcher nicht nur Gasentladungslampen, sondern auch Flachbildschirme nach dem Shredderverfahren aufbereitet werden.

In Tabelle 2 sind allgemeine Eckdaten der beiden Anlagen zusammengefasst.

Tabelle 2: Eckdaten der Lampenbehandlungsanlagen SDAG und Tyrolux (Quelle: Auskunft Anlagenbetreiber)

	SDAG / Blubox	Tyrolux / Herborn
Kapazität	1.000 t/a Lampen (+ 1.000 t/a Flachbildschirme)	1.000 t/a
Behandelbare Lampentypen bzw. Abfälle	• Stabförmige Leuchtstofflampen • Kompaktleuchtstofflampen • Natriumdampflampen • Glühbirnen und Halogenlampen*	• Stabförmige Leuchtstofflampen**** • Lampenbruch**
Abfälle bzw. Lampentypen, die nicht behandelt werden	• Kunststoffumwickelte Lampen • Hochdruckdampflampen • Alle Lampen, die flüssiges Hg-enthalten • „unbekannte" Lampentypen • Lampenbruch	• Alle „Sonderformen"
Vorsortierung von Leuchtstoffröhren	Im Zug der Aufgabe in die Blubox-Anlage	Im Zug der Aufgabe in die Herborn-Anlage
Vorsortierung von „Sonderformen"	ja	nein
Betrieb	1-Schichtbetrieb	1 bis 1,5-Schichtbetrieb
Anzahl Beschäftigte in der Lampenbehandlung	3-4	3-4

**Glühbirnen und Halogenlampen (Wolframwendel, Halogengasfüllung) fallen nicht in den Geltungsbereich der EAG-VO und enthalten auch kein Hg, können aber grundsätzlich in der Anlage aufgetrennt werden*

***vom Boden aufgekehrt*

*****Maximallänge 1,8 m*

Verfahrenstechnik österr. Lampenbehandlungsanlagen

Bei beiden Behandlungsanlagen handelt es sich um trockene Verfahren, die gekapselt und unter Unterdruck betriebenen werden. Beide Verfahrenskonzepte können in Materialaufschluss, Materialsortierung und Abluftbehandlung gegliedert werden.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Verfahren sind:

- beim Herbornverfahren erfolgt als erster Schritt der Behandlung eine gezielte Trennung der Endkappen vom Glaskörper mit dem Ziel einer möglichst vollständigen Trennung des bleihaltigen Sockelglases vom bleifreien Natronkalkglas
- beim Herbornverfahren erfolgt eine Erwärmung des Materials mit dem Ziel einer besseren Quecksilberabscheidung

In der folgenden Tabelle sind technische Eckdaten der beiden Analgen zusammengefasst.

Tabelle 3: Technische Eckdaten von Herborn- und Bluboxverfahren (Quelle: Auskunft Anlagenbetreiber)

		Blubox	**Herborn**
Durchsatz	**Leuchtstoffröhren**	~4 t/d	bis zu 5 t/d
	Sonderformen	~2-3 t/d	-
Materialaufschluss mittels		• Mischtrommel mit Mitnehmern (f. stabförmige Leuchtstofflampen) • Shredder (f. Kompaktleuchtstofflampen und andere)	• Verschiedene Brecher, z.B. Paddelbrecher, „Glasbrecher“
Aggregate zur Materialsortierung		• Zyklone • Siebe • Magnetscheider	• Zentrifuge mit Bürsten • Siebe
Temperaturbehandlung		-	• Hauptbehandlung: Propangasbrenner, 550°, Erwärmung von Natronkalkglasfraktion* und Endkappen** auf 300 bis 350°C • Nachbehandlung: Material wird in Pufferbehältern mind. 5 h mit heißer Luft (mind. 55°C) beaufschlagt
Abluftbehandlung		2 Zyklone, Staubfilter, Hepafilter, geschwefelte Aktivkohle	Zyklon, Sinterlamellenfilter, Aktivkohle***
Abluftvolumenstrom		Bis zu 5.500 m^3/h während der Produktion, mind. 200 m^3/h wenn nicht in Betrieb	1.100 m^3/h (wenn Anlage in Betrieb, nicht regelbar)

** Aufenthaltsdauer in der Hitzezone ca. 7 sec.*
*** Aufenthaltsdauer in Hitzezone ca. 30 - 40 sec.*
**** Kühlung der erwärmten Abluft über Wärmetauscher auf 30-45°C*

Überwachung von Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen

Die folgende Tabelle stellt die wesentlichen Überwachungsmaßnahmen bzw. die entprechenden Auflagen der beiden Anlagen gegenüber.

Tabelle 4: Auflagen bzw. Durchführung der Überwachung der Lampenbehandlung hinsichtlich Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen (Quelle: Informationen Anlagenbetreiber)

		SDAG	Tyrolux
Emissionsgrenzwert Hg gem. Bescheid		20 µg/Nm^{3*}	5 µg/Nm^3 (Halbstundenmittelwert)**
Überwachung Emissionsgrenzwert	**Eigenüberwachung**	Einzelmessungen gasförmiges Hg werden 3-5 mal pro Woche mit mobilem Messgerät durchgeführt	Keine diesbezüglichen Bescheidauflagen
	extern	Alle 5 Jahre Nachweis ist über Einhaltung Hg-Grenzwert, und zwar für die Abfallart mit dem höchsten Quecksilbergehalt zu erbringen; inkl. Info über Hg-Bestimmung, Durchsatz, Abfallart, Messbedingungen, Messort, Messdauer, etc.*	Messtechnische Überprüfung in Abhängigkeit von der Betriebszeit der Anlage und gemessener Hg-Konzentration, Tausch der Aktivkohle bei 4 µg/Nm³ Hg in Abluft**
Überwachung Hg-Gehalte Fraktionen	**Eigenüberwachung**	Für Fraktionen, die als n. gef. Abfälle weitergegeben werden, muss mind. 1x pro Monat jeweils 1 Wochenmischprobe gezogen und der Hg-Gesamtgehalt bestimmt werden.*	Keine diesbezüglichen Bescheidauflagen. Hg-Gehalt in Glasfraktion wird einmal jährlich bestimmt.
	extern	Mind. 1x pro Quartal sind diese Untersuchungen von einer externen befugten Fachperson oder Fachanstalt durchzuführen. Die Analysenberichte sind der Behörde quartalsweise zu übermitteln.*	Keine diesbezüglichen Bescheidauflagen
Überwachung Raumluft	**Eigenüberwachung**	Bei Wartung, Reinigung und Störungsbehebung muss permanent der Hg-Gehalt gemessen werden.* Einzelmessungen werden 3-5x pro Woche an über 20 Messstellen in der Betriebsanlage durchgeführt	Keine diesbezüglichen Bescheidauflagen
Überwachung Pb-Gehalt Glas		Keine diesbezüglichen Bescheidauflagen	

**…Amt der Wiener Landesregierung: Bescheid MA22 - 2703/2010 vom 15. 7. 2011*

***…Amt der oberösterreichischen Landesregierung: Bescheid UR-305697/15-2005-St/Sr vom 25. 10. 2005*

In der Praxis wurde gemäß Anlagenbetreiber in den vergangenen Jahren der Hg-Gehalt in der Kappenfraktion nicht ermittelt. Der Pb-Gehalt in den Glasfraktionen wird für beide Anlagen nicht überwacht.

Vergleich mit nicht österr. Anlagen

Die Überwachung der Hg-Konzentration in der Endkappenfraktion ist auch in Anlagen im Ausland nicht generell üblich. Das hängt sowohl damit zusammen, dass keine spezifischen Grenzwerte für die Fraktionen aus der Lampenbehandlung vorgeschrieben sind (wie in Deutschland), als auch damit, dass es sich um eine sehr heterogene Materialfraktion handelt, die hohe Anforderungen an Probenahme und Analytik stellt. Derzeit wird im Rahmen der CENELEC Arbeitsgruppe TC 111 X an einer geeigneten Bestimmungsmethode für Hg in den Outputströmen aus der Lampenbehandlung gearbeitet.

Regelmäßige Eigenüberwachung der Hg-Emissionen aus der Anlage bzw. der Luft in der Anlagenumgebung ist bei Schweizer und deutschen Anlagen üblich.

Im Gegensatz zu z.B. deutschen Anlagen ist für die österreichischen Anlagen kein Staubemissionsgrenzwert bescheidmäßig festgelegt.

3.2 Ergebnis Behandlung von stabförmigen Leuchtstofflampen

Bei der Behandlung von stabförmigen Leuchtstofflampen fallen im Wesentlichen Glasfraktionen, Metallfraktionen, Stäube und sogenannter „Kappenbruch“, eine Mischfraktion bestehend aus Glas, Metallteilen, Bakelitanhaftungen etc. an.

Materialströme, Massenbilanzen

Tabelle 5 zeigt die Verteilung des Outputs aus der Behandlung stabförmiger Lampen in den beiden Anlagen auf die einzelnen Fraktionen. Insgesamt fallen beim Herbornverfahren 4 Fraktionen an, die jeweils einer anderen Behandlung zugeführt werden. Bei der Behandlung der Lampen mittels Blubox fallen insgesamt mehr Fraktionen an, inklusive einer Glasfraktion unterschiedlicher Körnung.

Das Herbornverfahren erzeugt einen vergleichsweise geringeren Anteil an verwertbarem Glas, allerdings ist das erhaltene Glas von höherer Qualität (geringerer Bleigehalt, geringere Verunreinigung mit metallischen Bestandteilen).

In Bezug auf die Verwertungsquoten für Lampen ist insbesondere die Glasfraktion von Bedeutung. Unter der Annahme, dass die erzeugten Glasfraktionen einem Recycling zugeführt werden, erzielen beide Verfahren mit über 80 Masseprozent ausreichende Verwertungsanteile.

Tabelle 5: Anteile der einzelnen Outputfraktionen bei der Behandlung von stabförmigen Lampen (in % des Gesamtoutput aus der Blubox- bzw. Herbornanlage) (Quellen: Blubox-Anlage: Umweltbundesamt-Versuch, Herbornanlage: Betreiberangaben Massenbilanz 2012)

Fraktion[8]	Herborn	Blubox
Stäube	**4,0**	**3,4**
Kappenbruch	**10,6**	
Glasfraktionen	**81,5**	**91,9**
Glas < 3 mm		6,6
Glas 3-12 mm		85,3
Metallfraktionen	**3,7**	**4,7**

Rot: jedenfalls gef. Abfall
Grün: jedenfalls nicht gef. Abfall
Grau: teilweise nicht gef. Abfall

Quecksilber in den Outputfraktionen

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Umweltbundesamts zu Hg-Restanhaftungen in Materialströmen aus der Behandlung können folgendermaßen zusammengafasst werden:

Glas

Die Glasfraktionen beider Anlagen halten den Hg-Grenzwert von **5 mg/kg** gem. Abfallbehandlungspflichtenverordnung ein.

Metalle

Bei beiden Anlagen weisen die Endkappenfraktionen Hg-Gehalte teilweise deutlich über diesem Grenzwert auf. Auch der Grenzwert für die Einstufung als gefährlicher Abfall (20 mg/kg) ist teilweise überschritten.

Hg-angereicherte Fraktionen

In den Stäuben wird Hg angereichert. In den bei den beiden Anlagen anfallenden Stäube wurden Hg-Konzentrationen von mehreren Hundert mg/kg ermittelt. Die Hg-Konzentration des im Herbornverfahren anfallenden „Kappenbruch“ , primär bestehend aus Glas, Stiften und Bakelitresten betrug unter 100 mg/kg.

Hg-Frachten

Bei beiden Anlagen finden sich über 85% des insgesamt mit den Materialfraktionen ausgetragenen Quecksilbers in den Schadstofffraktionen (Stäube und Kappenbruch).

Massnahmen zur Hg-Reduktion

Bei der Blubox-Anlage wird dies erreicht, indem Kappenfraktionen, die nach einmaliger Aufgabe von Lampen in den Prozess noch zu hohe Hg-Gehalte aufweisen, erneut in die Anlage eingebracht werden und in einem ersten Schritt in einem Zerkleinerungsaggregat weiter aufgeschlossen werden. Die verbleibende Hg-Fracht teilt sich zu ähnlichen Teilen auf Metall- und Glasfraktionen auf.

Verbleib Endkappen

Die Metallfraktionen werden großteils dem Metallhandel zugeführt. Bestimmte Fraktionen, welche Hg-Gehalte über dem Grenzwert von 5 mg/kg aufweisen,

werden zur weiteren Behandlung einer Lampenbehandlungsanlage im Ausland zugeführt.

Vergleich mit anderen Anlagen

Eine Schweizer Untersuchung bei vier Behandlungsanlagen[9] ergab, dass die niedrigsten in Endkappenfraktionen gemessenen Hg-Konzentrationen zwischen 5 und 10 mg/kg lagen. Die Untersuchung zeigte des weiteren, dass die Hg-Belastung zu einem guten Teil durch Anhaftungen an den Al-Kappen verursacht wird (Messingstifte und Glas). Aber auch der Hg-Gehalt der „gesäuberten" Al-Kappen zeigte deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungsverfahren.

Es konnten im Zug der Erhebung keine Anlagen identifiziert werden, bei denen Hg-Konzentrationen unter 5 mg/kg in den Endkappen erzielt werden.

Blei in den Glasfraktionen

Die Glasfraktion aus der **Herbornanlage** hält sowohl den Pb-Grenzwert für Natronkalkglas von 0,2 % gemäß Abfallbehandlungspflichten-VO als auch den gemäß Annahmespezifikationen für den Einsatz in der Lampenglasproduktion definierten Maximalgehalt von 1.000 mg/kg PbO ein.

Von der durch die **Blubox** erzeugten Glasfraktion weist die Feinfraktion (< 3 mm) Pb-Gehalte über dem Grenzwert von 0,2 % gemäß Abfallbehandlungspflichtenverordnung auf. Die restliche Glasfraktion - ohne die feinste Glasfraktion - hält den Grenzwert ein. Das bedeutet, dass durch Abtrennung von 7 Masse% der Glasfraktion (=Feinfraktion) die Bleifracht, die ins Glasrecycling eingetragen wird, um 21% reduziert wird.

Einsatz Glasfraktionen

Die Glasmischfraktion aus dem Bluboxverfahren kann grundsätzlich nicht in der Lampenglasproduktion eingesetzt werden, da neben dem Bleigehalt auch die Anteile an metallischen Verunreinigungen zu hoch sind. Die Glasfraktion aus dem Herbornverfahren kann die für die Lampenglasherstellung erforderlichen Qualitätsanforderungen zwar erreichen; es gibt jedoch in der Praxis Chargen, welche nicht entsprechen.

Daher werden das Glas der Blubox und teilweise auch das Glas aus dem Herbornverfahren an eine Glasaufbereitungsanlage übergeben. Gemäß deren Angaben werden diese Glasfraktionen gemeinsam mit Gläsern aus anderen Quellen nach den Anforderungen des jeweiligen Abnehmers konditioniert (gesiebt, gewaschen) und schließlich v.a. in der Flachglasproduktion; untergeordnet auch in der Glaswollproduktion eingesetzt.

Abtrennung Leuchtpulver vom Glaskörper

Um die in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung geforderte Abtrennung des Leuchtpulvers vom Glaskörper nachzuweisen, wurde auch das Vorhandensein von 7 Seltenerdelementen[10] als Indikator herangezogen. Bei beiden Anlagen werden **über 90%** der gesamten in Glas und Stäuben befindlichen Seltenerdfracht mit den Stäuben ausgetragen

[9] HUG ET AL. 2010

[10] Y, Eu, Ce, La, Tb, Pr, Gd

Seltene Erden in Staubfraktionen

Die Konzentrationen der **7 Selteneerd-Elemente** in den Stäuben aus der Lampenbehandlung betragen insgesamt über 100 mg/kg. Mit einem Anteil von über 70% ist Yttrium das dominierende Element gefolgt von Lanthan und Cer.

Elementare Zusammensetzung der Stäube aus der Behandlung

Im Zuge der Messungen durch das Umweltbundesamt wurde ein Elementscreening der anfallenden Stäube durchgeführt. Erwartungsgemäß ist die Zusammensetzung der Stäube aus den beiden Anlagen, bzw. von Staub aus stabförmigen Leuchtstofflampen und von Staub aus Kompaktleuchtstofflampen ähnlich. Auffallend waren 2 Aspekte:

- Der deutlich höhere Gehalt von **Lithium** in Staub aus der Behandlung von Kompaktleuchtststofflampen (mehrere hundert bis über 1.000 mg/kg) im Vergleich zu jenem aus stabförmigen Lampen (unter 40 mg/kg).
- Teilweise hohe **Arsengehalte** im Filterstaub der Blubox-Anlage (sowohl aus der Behandlung von stabförmigen Leuchtstofflampen als auch von Kompaktleuchtstofflampen). Die Messwerte der Tagesmischproben lagen zwischen einigen hundert und über 1.000 mg/kg. Der mittlere Wert im Staub aus der Behandlung in der Herborn-Anlage lag bei unter 100 mg/kg. Ein möglicher Grund dafür könnten Verschleppungen aus Flachbildschirmen[11] sein, die in der Blubox ebenfalls behandelt werden.

Verbleib Leuchtstaub

Die abgeschiedenen Stäube werden derzeit in Spannringdeckelfässern zwischengelagert. Zum Teil sind Exporte nach Deutschland geplant.

Laut Informationen des deutschen Übernehmers wird Leuchtstaub an einen Lampenhersteller weitergegeben, der eine Anlage zur Entqueckung[12] von Leuchtstaub betreibt, wobei auch eine glasreiche Grobfraktion abgetrennt wird. Das verbleibende Material wird nach Frankreich zur Rückgewinnung der Seltenen Erden exportiert. Im Zug dieser Rückgewinnung fällt wiederum eine Restfraktion an, die untertage deponiert wird.

[11] As-Gehalt in LCD-Glas: 0,5% (Umweltbundesamt, 2011)

[12] Abgeschiedenes Hg gelangt zur stofflichen Verwertung.

3.3 Ergebnis Behandlung von Kompaktleuchtstofflampen

Die Aufbereitung von bestimmten Sonderformen (Kompaktleuchtstofflampen und Natriumdampfniederdrucklampen) in der Blubox-Anlage befindet sich grundsätzlich noch im Versuchsstadium.

Aus den Ergebnissen u.a. des Umweltbundesamt-Versuchs (Kompaktleuchtstofflampen mit Stecksockel) lässt sich folgendes zusammenfassen:

- Für eine stoffliche Verwertung müssen die bei der Behandlung erzeugten Materialfraktionen noch einer zusätzlichen Aufbereitung/Sortierung unterzogen werden (siehe Abbildung 2).
- Bestimmte Fraktionen wie grobes Sockelmaterial halten den Hg-Grenzwert gemäß Abfallbehandlungspflichtenverordnung nicht ein.
- In den potenziell für eine Verwertung geeigneten Fraktionen befinden sich 16% der insgesamt mit den Outputströmen ausgetragenen Hg-Fracht. Der Rest befindet sich in Stäuben.

Abbildung 2: Ausgewählte Fraktionen aus der Behandlung von Kompaktleuchtstofflampen mit Stecksockel (Quelle: Umweltbundesamt-Versuch)

4 FAZIT

4.1 Bewertung der Lampenbehandlung in Österreich in Hinblick auf die Vorgaben der Abfallbehandlungspflichtenverordnung

Für beide österreichische Anlagen gilt, dass die Hg-Grenzwerte in den Glasfraktionen eingehalten werden, während die Metallfraktionen (Endkappen) den Grenzwert von 5 mg/kg zum Teil um ein Mehrfaches überschreiten.

Umgang mit Hg in den Endkappen

Prinzipiell stehen 2 Optionen zur Verfügung um die Hg-Gehalte der Endkappenfraktionen zu reduzieren:

- Da das enthaltene Hg insbesondere in den Stiften und im Glas (Abbildung 3) angereichert ist[13], kann durch eine **weitere mechanische Auftrennung** der Kappen, der Hg-Gehalt in den Aluminiumfraktionen gesenkt werden. Das Quecksilber wird dabei in einer überwiegend metallischen Fraktion angereichert, welche in geeignete Verfahren mit entsprechender Abluftreinigung eingesetzt wird, z.B. in der Batteriebehandlung oder in metallurgischen Anlagen.
- Durch **thermische Behandlung** der zu hoch belasteten Fraktionen mit anschließender Hg-Abscheidung.

Abbildung 3: Endkappen mit Anhaftungen (Stifte, Glas, Bakelit) (Quelle: Umweltbundesamt)

[13] Vergleiche Fraktionsanalysen durch HUG & RENNER (2010) und IAE (2013)

Hg-Emissionen aus Altlampen

In der folgenden Tabelle sind auf Grundlage der verfügbaren Informationen grobe Abschätzungen zu Hg-Frachten aus Lampen basierend auf einer Sammelmenge von 800t/a stabförmigen Lampen und 200t/a Sonderformen/Kompaktleuchtstofflampen[14] dargestellt. Zum Vergleich sind – da Sammlung und Transport relevant für allfällige Hg-Emissionen sind - Schätzungen für Hg-Verluste bei unterschiedlichen Bruchraten[15] dargestellt.

Für diese Schätzung wurde angenommen, dass beim Bruch einer Lampe das gesamte enthaltene Hg in die Umwelt freigesetzt wird[16].

Für stabförmige Lampen wurde der Anteil der Metallfraktion aus der Behandlung mit 4,5 % vom Input angenommen; für Kompaktleuchtstofflampen mit 2%.

Durch Verringern der durchschnittlichen Bruchrate von stabförmigen Leuchtstofflampen von 5% auf 3% kann die Hg-Freisetzung aus der Lampenbehandlung um etwa 1 kg/a reduziert werden. Dasselbe trifft zu, wenn statt einer Hg-Konzentration von etwa 40 mg/kg in den Endkappenfraktionen 10 mg/kg erreicht werden.

[14] Aufgrund ihrer großen Vielfalt wurden andere Sonderformen Hochdruckdampflampen in der Tabelle nicht berücksichtigt

[15] Derzeitige Bruchraten bei sstabförmigen Lampen 3-5%, bei Sonderformen bis zu 15%

[16] Das würde grundsätzlich einer Überschätzung entsprechen, da ein Teil des beim Bruch freiwerdenden Leuchtpulvers wiederum erfasst wird. Allerdings kann auch bei der Manipulation/Sortierung von weiteren Hg-Emissionen ausgegegangen werden , das in der Darstellung nicht berücksichtigt ist.

Tabelle 6: Schätzungen zu Hg-Freisetzungen bei der Sammlung und Behandlung von Leuchtstofflampen (in kg/a)

Stabförmige Leuchtstofflampen (angenommene Sammelmenge: 800 t/a)					
Hg-Gehalt in den Lampen	**Hg-Freisetzung**				
	Bei Sammlung/Manipulation		Über Metallfraktionen* aus Behandlung bei versch. Hg-Gehalten		
	Bruchrate		Hg-Gehalt	Hg-Gehalt	Hg-Gehalt
	5 Gew%	3 Gew%	5mg/kg [a]	10mg/kg [b]	40mg/kg [c]
80mg/kg (derzeit****)	~3,2 kg	~1,9 kg	~0,18 kg	~0,36 kg	~1,4 kg
20mg/kg (zukünftig***)	~0,8 kg	~0,5 kg	~0,18 kg	~0,36 kg	~1,4 kg

Kompaktleuchtstofflampen (angenommene Sammelmenge: 200 t/a)					
Hg-Gehalt in den Lampen	**Hg-Freisetzung**				
	Bei Sammlung/Manipulation		Über Metallfraktionen** aus Behandlung bei versch. Hg-Gehalten		
	Bruchrate 10 Gew%	Bruchrate 5 Gew%	Hg-Gehalt: 5mg/kg	Hg-Gehalt: 10mg/kg	Hg-Gehalt: 30mg/kg
60mg/kg (derzeit****)	~1,2 kg	~0,6 kg	~0,02kg	~0,04 kg	~0,12 kg
30mg/kg (zukünftig***)	~0,6 kg	~0,3 kg	~0,02 kg	~0,04 kg	~0,12 kg

**Annahme: Metallfraktionen machen 4,5% des Inputs aus*

***Annahme: Metallfraktionen machen 2% des Inputs aus*

****zukünftiger Höchstwert, sobald die anfallenden Altlampen die gemäß RoHS-Richtlinie zulässigen Hg-Höchstgehalte in Lampen aufweisen*

***** heutiger Durchschnittswert*

a) Grenzwert gemäß Abfallbehandlungspflichtenverordnung, b) Wert erreichbar gem. Stand der Technik, c) gemessene Höchstwerte

Umgang mit Blei in Glasfraktionen

Die derzeit anfallenden Altlampen weisen noch so hohe Pb-Gehalte auf, dass ein Ausschleusen bestimmter Glasfraktionen erforderlich ist, um den Pb-Grenzwert gemäß Abfallbehandlungspflichtenverordnung von 0,2% im Glas einzuhalten. Mögliche Entsorgungswege für Glasfraktionen mit hohen Pb-Gehalten stellen der Einsatz als Schlackebildner oder Untertagedeponierung dar.

Aufgrund des Bleiverbots in Lampen ist davon auszugehen, dass eine derartige Abtrennung zukünftig nicht mehr erforderlich sein wird. Gemäß Ausnahme 5b der RoHS-Richtlinie ist Blei in Glas von Leuchtstoffröhren mit einem Massenanteil von höchstens 0,2% zulässig. Da der überwiegende Teil des Glases in Leuchtstoffröhren auf Natronkalkglas entfällt, müsste die gesamte Glasmischung aus RoHS-konformen Lampen einen Wert von deutlich unter 0,2% aufweisen. Zusätzlich kann Blei über metallische Anteile in die eingetragen werden. Kupfer- oder Al-Legierungen dürfen gem. RoHS Pb-Konzentrationen von 4 bzw. 0,4% aufweisen.

4.2 Behandlung nicht stabförmiger Leuchtstofflampen

Behandlung von "Sonderformen"

In Österreich gibt es derzeit keine Anlage, die bereits routinemäßig die Behandlung diverser Sonderformen betreibt.

Bestimmte Lampenarten, insbesondere **Hochdruckdampflampen mit hohen Hg-Gehalten** und **Lampen mit Kunststoffbeschichtungen** können in den beiden österreichischen Anlagen mit den derzeitig vorhandenen Verfahren generell nicht behandelt werden.

Mit dem **Bluboxverfahren** werden derzeit die folgenden Hg-haltigen Lampentypen versuchsweise aufbereitet: Leuchtstofflampen (U- und Ringformen), Kompaktleuchtstofflampen, Natriumdampflampen.

Die Untersuchungen zeigten, dass nicht alle Fraktionen aus der Aufbereitung von Kompaktleuchtstofflampen den Grenzwert für Hg gemäß Abfallbehandlungspflichtenverordnung einhalten. Allerdings befinden sich, wie auch bei der Behandlung von stabförmigen Lampen, etwa 84% der Hg-Fracht in den Outputfraktionen in den Stäuben. Des Weiteren entstehen viele Mischfraktionen, die noch einer weiteren Aufbereitung bedürfen, bevor sie einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können.

Die Fa. Tyrolux plant ebenfalls eine Anlage zur Behandlung von Sonderformen zu errichten.

Export von "Sonderformen"

Derzeit werden die in den österreichischen Anlagen nicht behandelbaren Lampentypen zu Lampenbehandlungsanlagen nach Deutschland exportiert. Gemäß der jüngst verfügbaren Sortieranalysen handelt es sich dabei um etwa **10 Gew% der gesammelten Altlampen**[17].

Gemäß Auskunft WEEE-Forum[18] befinden sich auch in anderen europäischen Ländern die Aufbereitungsverfahren für Kompaktleuchtstofflampen erst in der Entwicklungsphase.

[17] Enthält auch Lampenbruch

[18] Kasser (2014)

Verwendung von Glas aus "Sonderformen"

Laut Angaben von Anlagenbetreibern, die „Sonderformen" aufbereiten, sind die Glasfraktionen aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung verschiedener Hersteller nicht in der Lampenglasproduktion einsetzbar. In der Praxis werden sie daher in der Flachglasindustrie oder der Baustoffindustrie eingesetzt. Zu den Bleigehalten in Glasfraktionen aus Sonderformen liegen keine Informationen vor.

Transport und Manipulation

Bisher durchgeführte Untersuchungen zeigen teilweise hohe Bruchraten in Sammelgefäßen von „Sonderformen" (bis zu 15%)[19]. Kompaktleuchtstofflampen und insbesondere Hochdruckdampflampen sollten daher möglichst unmittelbar bei der Sammlung bzw. am Anfallsort getrennt erfasst werden. Eine Sortierung verteilt über viele Sammel- bzw. Umladestellen sollte vermieden werden.

Zukünftige Entwicklungen

Insbesondere aufgrund der zukünftig zu erwartenden steigenden Mengen an Kompaktleuchtstofflampen und anderen „Sonderformen" sollte in absehbarer Zeit **der Status Quo bei der Behandlung der Sonderformen** evaluiert werden.

Es ist abzusehen, dass das Abfallaufkommen von LEDs - insbesondere als Nachfolgetechnologie der Kompaktleuchtstofflampen - zukünftig stark steigen wird. Da LEDs auch hochtoxische Stoffe wie Arsen (kanzerogen) enthalten (bis > 100 mg/kg), sollten die **Umweltauswirkungen bei der Behandlung** evaluiert werden.

[19] Beigl (2013)

4.3 Konkretisierung von Mindestanforderungen an Sammlung, Lagerung und Behandlung von Lampen

Um eine umweltgerechte Behandlung von Gasentladungslampen sicherzustellen sollten folgende Aspekte in der **Abfallbehandlungspflichtenverordnung** berücksichtigt werden:

- Die derzeitige Forderung, dass ein Auftreten von **Quecksilber- und Staubemissionen**, einschließlich diffuser Emissionen, zu vermeiden ist, sollte folgendermaßen konkretisiert werden:
  - Bei der **manuellen Vorsortierung** von nicht-stabförmigen Leuchtstofflampen (=„Sonderformen“) vor der Behandlung ist eine **Arbeitsplatzabsaugung mit entsprechender Hg-Abscheidung** (Aktivkohle) aus der abgesaugten Luft vorzusehen.
  - Anlagen, die Lampen behandeln oder vorsortieren, müssen über einen **Industriestaubsauger mit Aktivkohlefilter** für die Beseitigung von Lampenbruch verfügen.
  - Eine **Eigenüberwachung der Hg-Emissionen** aus Lampenbehandlungsanlagen sowie der umgebenden Bereiche, insbesondere auch der Lagerbereiche ist erforderlich, sodass bei Bedarf Maßnahmen gegen erhöhte Hg-Emissionen getroffen werden können. (Vorschlag: mindestens wöchentlich)
  - Anfallender Lampenbruch muss in **dichten** und **durchstichfesten** Gebinden gelagert und transportiert werden (keine Big-Bags).
- **Hg-Gehalte in Fraktionen zu Verwertung**
  - Für **Glasfraktionen** soll der Hg-Grenzwert mit 5 mg/kg beibehalten werden.
  - Anpassung des Hg-Grenzwerts **für alle anderen Fraktionen zur Verwertung** an den Stand der Technik (10 mg/kg; erreicht bei Schweizer Anlage)

    Da bei der Aufbereitung von anderen als stabförmigen Leuchtstofflampen diverse Materialfraktionen wie Kunststoff/Metallgemische anfallen, sollte keine Einschränkung auf „Natronkalkglasfraktion“, „Endkappen“ erfolgen, sondern es sollte dieser Wert für alle Fraktionen aus der Behandlung von allen Lampentypen gelten, die direkt oder über eine weitere Aufbereitung einer stofflichen Verwertung zugeführt werden.

    Die Analysen an Fraktionen der beiden österreichischen Anlagen sowie die durchgeführten Recherchen zu anderen europäischen Anlagen zeigen, dass ein Hg-Gehalt in den Metallfraktionen von 5 mg/kg einen im Verhältnis zur insgesamt aus Lampen abgeschiedenen Quecksilberfracht unverhältnismässig hohen Aufwand bei der Aufbereitung (mechanisch oder thermisch) darstellen würde.

- **Mindestanforderungen an die Überwachung** des Hg-Gehalts in den Fraktionen für die Verwertung

  - **Wiederkehrende externe Überwachung** (Vorschlag: Untersuchung einer Wochenmischprobe 1x jährlich).

  - **Regelmäßige Eigenüberwachung** (Vorschlag: Untersuchung einer Wochenmischprobe einmal je Quartal)

    Quartalsweise Hg-Bestimmung entspricht dem Stand der Technik (z.B. bei Schweizer, deutschen Anlagen)

  - **Probenahme und Aufbereitung** von Fraktionen zur Verwertung für die Hg-Analytik

    Für die Probenahme sollte ein **ausreichend dimensionierter Bilanzzeitraum (mindestens eine Wochenproduktion**) zur Erzielung von aussagekräftigen Ergebnissen herangezogen werden.

    Als Richtwerte für die zu ziehende Probenmenge soll folgendes gelten:

    - Endkappenfraktion (und andere sehr heterogene Fraktionen): mind. 3 kg
    - Glasfraktionen: mind. 1kg

    Die Proben sollten **dicht verschlossen und kühl** bis zur Analytik gelagert werden.

  - **Quecksilber-Analytik**

    Bei den sehr heterogenen Fraktion (Endkappen, Lampensockel) soll von einer Zerkleinerung zur Quecksilberbestimmung abgesehen werden und die Mengen sowie die Probenanzahl für die Bestimmung der Hg-Gehalte angepasst werden (Richtgröße: 250 ml Materialprobe, zumindest zwei unabhängige Bestimmungen pro Outputfraktion, Anpassung der Dimensionen für das Lösen mit halbkonzentrierter Salpetersäure in Glasgefäßen mit hoher Form).

    Alternative Verfahren können angewandt werden, sofern die Anwendbarkeit überprüft wurde. Sofern die Probenvorbereitung für die Hg-Analyse durch Zerkleinern erfolgt, muss diese **gekühlt** erfolgen.

    Durch nicht ordnungsgemäße Zerkleinerung (z.B. ohne Kühlung) und der damit einhergehenden potentiellen Erwärmung kann es zu Verlusten an Hg kommen.

    Bei der Hg-Analytik der **Outputfraktionen bei Sonderformen** ist zu beachten, dass teilweise sehr heterogene Materialgemische (Kunststoff/Metall/Glas-Fraktionen) resultieren können. Da stark unterschiedliche Hg-Gehalte in diesen Fraktionen zu erwarten sind, wird vorgeschlagen, dass eine Sortierung der Fraktionen durchgeführt wird (in z.B. Kunststoff und Rest). Die getrennten Fraktionen sind mit halbkonzentrierter Salpetersäure zu lösen und die Ergebnisse über die Daten aus der Sortieranalyse auf die Gesamtprobe hochzurechnen.

5 REFERENZEN

BEIGL, P. (2013): persönliche Mitteilung

DEUZBER ET AL. (2012): Cycling resources embedded in systems containing Light Emitting Diodes. http://www.cyc-led.eu/Files/CycLED_D2_1_120507.pdf

HUG, E.; RENNER, N. (2010): Erhebung von Quecksilberkonzentrationen in Fraktionen der Leuchtmittelverarbeitung unter Berücksichtigung von Aspekten zur Probenahme und Analytik. Technische Kontrollstelle SENS. Zürich.

IAE (2012): Bericht zur Sortieranalyse vom 22. Und 25. Juni 2012

IAE - INSTITUT FÜR NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT UND ENTSORGUNGSTECHNIK (2013): Stellungnahme

KASSER (2014): persönliche Mitteilung

KUHN, M. (2013): Zwei für Europa. RECYCLING magazin 04 2013. München.

Rechtsnormen und Leitlinien

Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 459/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 363/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Behandlungspflichten von Abfällen.

RoHS-Richtlinie (2011/65/EG): Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.