MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER ENTSORGUNG VON QUECKSILBERHALTIGEN GASENTLADUNGSLAMPEN UND ANDEREN LAMPENARTEN

Januar 2013

Knut Sander, Stephanie Schilling Ökopol GmbH
Jörg Wagner, Marko Günther Intecus GmbH

Ökopol
Institut für Ökologie und Politik GmbH

intecus
Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Förderkennzeichen 3712 33 306 – durchgeführt und mit Bundesmitteln finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Impressum / Imprint:

ÖKOPOL GmbH
Institut für Ökologie und Politik

Nernstweg 32–34
D – 22765 Hamburg

www.oekopol.de
info@oekopol.de

++ 49-40-39 100 2 0
++ 49-40-39 100 2 33

Kurzbeschreibung

Die Entsorgung von Altlampen erfolgt entsprechend dem Gesetz über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (ElektroG) seit 2005 generell in der Verantwortung der Hersteller, wobei die öffentlich-rechtlichen Entsorger für die Erfassung der Altlampen aus den privaten Haushalten primär verantwortlich sind. Zusätzlich haben verschiedene Hersteller freiwillige Rücknahmesysteme aufgebaut.

Die Funktionalität der meisten Gasentladungslampen ist an die Verwendung von Quecksilber als Leuchthilfsmittel gekoppelt. Gerade wegen ihres Quecksilbergehaltes sollten die anfallenden Altlampen möglichst vollständig und bruchsicher erfasst und sachgerecht behandelt werden. LED enthalten zwar kein Quecksilber, fallen jedoch unter die Regelungen des ElektroG und müssen daher nach Gebrauch - wie die Gasentladungslampen - getrennt erfasst und verwertet werden.

Ziel des durchgeführten Projektes war die Ermittlung des Standes bei der Entsorgung von Gasentladungslampen (GEL) und anderen Lampenarten wie Leuchtdioden (LED) sowie die Erarbeitung von Empfehlungen für eine ggf. sinnvolle Optimierung. Glühlampen waren nicht Gegenstand des Vorhabens.

Angesichts der derzeit anfallenden sehr geringen Mengen von **LED** im Abfallbereich kann der Status Quo der Entsorgung als ausreichend angesehen werden. Allerdings erscheint es aufgrund des starken zukünftigen Mengenzuwachses bei LED-Lampen notwendig, schon jetzt Routinen bzw. Verfahren zur Separierung von LED bzw. zur Rückgewinnung von enthaltenen Wertstoffen (strategische Metalle) zu entwickeln.

Im Unterschied zum Wertstoffaspekt bei den LED liegt der Fokus bei den **Xenon KFZ-Scheinwerferlampen** auf ihrem Quecksilbergehalt. Die tatsächlich anfallenden Altlampenmengen sind aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht genau quantifizierbar (vor allem aufgrund fehlender Zahlen zum Export von Fahrzeugen mit Xenonlampen). Eine Überprüfung in der Praxis der Entfrachtung bei den Demontagebetrieben wird hier als sinnvoll angesehen. Seit einigen Jahren sind jedoch auch quecksilberfreie Varianten am Markt.

Durch deren hohe Quecksilbermengen je Lampe (15-40 mg Quecksilber je Lampe) sind die **Beamerlampen** trotz ihrer vergleichsweise geringen in Verkehr gebrachten Anzahlen von Bedeutung. Die festgestellte sehr schwache Datenlage zu den tatsächlich getrennt gesammelten Mengen zeigt die Notwendigkeit einer Primärerhebung bei den Entsorgern und in-Verkehr-Bringern, um eine Grundlage für mögliche Maßnahmen auf politischer Ebene zu schaffen. Beameraltlampen sollten als explizites Thema in die Öffentlichkeitsarbeit einbezogen werden. Hierbei sollte auch der professionelle Nutzungsbereich gezielt angesprochen werden. Hinsichtlich der Abgabemöglichkeit wird die verpflichtende Rücknahme durch den Handel als sinnvoll angesehen. Das bestehende Sammelsystem sollte gezielt für die Rücknahme beworben werden. Wenn keine ausreichenden Erfassungsmengen in einem spezifischen Monitoring nachgewiesen werden können (Erhebung Erstbehandler), sollten aufgrund der hohen Quecksilber (Hg)-Gehalte ökonomische Steuerungsinstrumente für quecksilberhaltige Beamerlampen erlassen werden.

Die Bestimmung des Abfallpotenzials bei den **Leuchtstoffröhren** und **Kompaktleuchtstofflampen** (mit und ohne Vorschaltgerät) (Gasentladungslampen, im Folgenden mit GEL abgekürzt) ist durch fehlende bzw. heterogene Datengrundlagen nur mit relevanten Unsicherheiten möglich. Daten der stiftung elektro-altgeräte register (stiftung ear) zu den in-Verkehr-gebrachten Lampen

sind erst ab dem Jahr 2006 verfügbar. Eine Bestimmung des Abfallpotenzials im Jahr 2011 benötigt jedoch Daten ab dem Jahr 2001, wenn die von der Lightcycle Retourlogistik und Service GmbH (im Folgenden Lightcycle abgekürzt) benannte durchschnittliche Verweildauer im Markt von 10 Jahren angesetzt wird. Die Daten von EUROSTAT zum „scheinbaren Verbrauch“ (apparent consumption) unterscheiden sich von den Angaben der stiftung ear signifikant und liegen z. B. für das Jahr 2009 um den Faktor 2,9 höher. Die Angaben zu den in Verkehr gebrachten Mengen von 2001 bis 2005 liegen bei EUROSTAT zudem nur als Stückzahlen vor, die Entsorgungsmenge in den Jahren 2006 bis 2010 bei den verschiedenen Quellen in Deutschland nur als Gewicht. Die Umrechnung der beiden Größen gegeneinander führt zu weiteren Datenunsicherheiten. Je nach verwendeter Datengrundlage schwanken daher die theoretischen Sammelquoten zwischen 11 % und 45 %. Die Schaffung einer belastbaren Datengrundlage wird als wesentliche Voraussetzung für eine informierte Politikentscheidung angesehen.

Angesichts dieser Datenlage wird empfohlen – neben der Diskussion um die Bestimmung von Sammelquoten – ambitionierte Anforderungen an das Sammelsystem für GEL in das neue ElektroG aufzunehmen und so – unabhängig von einem Steuerungsinstrument „Sammelquoten“ - die weitgehende Erfassung der quecksilberhaltigen Lampen zu erreichen. Die Einfachheit des Sammelsystems und die Nähe zum Verbraucher werden dabei als entscheidende Eckpunkte gesehen. Es sollte daher eine rechtliche Verpflichtung in das ElektroG, bzw. damit verbundene Regelwerke aufgenommen werden, nach der der Handel entsprechend Art. 5 Abs. 2 b und c der neuen WEEE-Richtlinie zur Rücknahme von quecksilberhaltigen Lampen verpflichtet wird.

Erst wenn sich herausstellt, dass über eine solche Optimierung des Sammelsystems keine Sammelergebnisse erzielt werden können, die den politischen Zielsetzungen entsprechen, sollte die Einführung ökonomischer Steuerungsinstrumente erwogen werden.

Das bestehende Behältersystem zur Sammlung der GEL von den Endkunden wird als geeignet angesehen, um das Bruchrisiko zu minimieren. Die Praxis, für Leuchtstoffröhren separate angepasste Behälter aufzustellen, sollte allerdings ausgeweitet werden. Falls dies in der derzeitigen rechtlichen Situation nicht realisiert werden kann, sollte der Einsatz dieser Sammelbehälter durch rechtliche Anforderungen unterstützt werden (z. B. in einer nachgeordneten Verordnung zum ElektroG, die spezifische Anforderungen an Sammelsysteme für besonders schadstoffhaltige EAG stellt). Dort, wo Sammelbehälter mit einer Fallhöhe von über 45 cm eingesetzt werden, sollten konstruktive Maßnahmen für die Bruchminimierung erfolgen. Falls dies nicht realisiert werden kann, sollten solche Sammelbehälter verboten werden. Bei einer vergleichenden Gesamtabwägung mit bestehenden Sammeleinrichtungen wird die Sammlung von GEL im öffentlichen Raum (z. B. über Depotcontainer) nicht als prioritäre Sammeloption vorgeschlagen.

Da die Wirkung von Öffentlichkeitsarbeit nur durch regelmäßige Wiederholung aufrechterhalten werden kann, sollte im Kontext der oben beschriebenen Empfehlungen sichergestellt werden, dass eine effektive Öffentlichkeitsarbeit dauerhaft erfolgt. Grundsätzlich sollten alle Hersteller (im Sinne des ElektroG) vergleichbare Anforderungen bei den Aufwendungen für Informations- und Kommunikationsaufgaben erfüllen müssen. Dabei wird eine Bündelung der Kommunikationsstrategie als wichtig angesehen. Derzeit sind ca. 70 % der in Deutschland iVgM bei dem freiwilligen herstellereigenen Rücknahmesystem Lightcycle eingebunden. Eine verpflichtende Teilnahme aller Hersteller am Lightcycle Kommunikationskonzept ist allerdings z. B. aus kartellrechtlichen Gründen nicht vorstellbar. Wir empfehlen den Weg, eine rechtliche Verpflichtung zu erlassen, nach der jeder Hersteller Kommunikationskampagnen in verschiedenen Kommunikationswegen nachweisen muss. Eine ausschließliche Veröffentlichung im Internet erscheint nicht ausreichend.

Beim Monitoring werden wesentliche Lücken bei den Informationen zu Mengen aus den einzelnen Sammelbereichen gesehen. So liegen z. B. keine Informationen darüber vor, welche Mengen GEL tatsächlich aus dem Bereich der privaten Endverbraucher gesammelt werden. Es wird daher vorgeschlagen, dass zusätzlich zu den bestehenden Informationserhebungen bei allen Sammelsystemen für Altlampen Angaben zu den Mengen je Übergabestelle und hiervon jeweils die Sammelmengen aus dem Einzelhandel und aus dem Großhandel an eine zentrale Stelle übermittelt werden. Zudem sollten Angaben zu den behandelten GEL-Mengen aus der inländischen Sammlung übermittelt werden. Die Mengenangaben sollten für eine Auswertung durch das Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt werden.

Der Transport wird aktuell im Regelfall durch die Behandler mit speziell dafür ausgelegten Fahrzeugen durchgeführt und von Personal, das ausschließlich mit dieser Aufgabe befasst ist. Damit ist zum einen eine fachkundige Durchführung sichergestellt, zum anderen besteht seitens der Behandler eine unmittelbare Möglichkeit, ihre Interessen hinsichtlich der Minimierung des Lampenbruchs als eine Bedingung für einen effektiven Behandlungsprozess durchzusetzen.

Die derzeit genutzten Behälter (Rungenpalette, Leuchtstoffröhren-Behälter und Gitterbox) sind bei fachmännischer Befüllung für Be-/Entladung und Transport gut geeignet. In der Praxis werden Möglichkeiten zur Minderung des Glasbruchs beim Transport daher eher bei der flächendeckenden fachmännischen Behälterbefüllung an den Übergabe- und Sammelstellen gesehen als beim eigentlichen Transportvorgang.

Eine Effektivierung des Transportvorgangs kann durch die Verlängerung der Abholfrist und eine Flexibilisierung der Behältergestellung erreicht werden.

Die in Deutschland praktizierte Behandlung von GEL aus der inländischen Sammlung entspricht dem Stand der Technik. Hinsichtlich der Frage der Verwertung von Mischglasfraktionen ist allerdings anzumerken, dass Unsicherheiten bestehen, ob die geforderten Maximalgehalte für Quecksilber eingehalten werden. Dort, wo diese Werte nicht eingehalten werden, ist zu erwarten, dass die Recyclingquoten des ElektroG von 80 % für die Sonderformen (hauptsächlich Kompaktleuchtstofflampen) nicht eingehalten werden. Für die Verwertungsquoten nach ElektroG ist allerdings die Mischrechnung aus Stab- und Sonderformen relevant. Beim derzeitigen Mengenverhältnis von Stab- zu Sonderformen und aufgrund der Tatsache, dass die Quecksilbergehalte im Glas der Stabformen (Leuchtstoffröhren) unterhalb des Grenzwertes liegen, wird die Quote in der Regel erreicht. Die weitergehende Entfrachtung der Mischglasfraktion sollte als Behandlungsanforderung in zukünftigen Anforderungen an die Qualität der Entsorgungskette aufgenommen werden.

Bei der Frage der Separierung von Leuchtstoffen kann eine Beurteilung von verschiedenen Separierungstechniken (Shredder, Ausblasen, Waschen) erst erfolgen, wenn Kenntnisse zum Rückgewinnungsverfahren vorliegen. Dies ist derzeit nicht möglich, da Rhodia, das bislang einzige Unternehmen, in dem die Rückgewinnung von Leuchtstoffen praktiziert wird, keine Details ihres Verfahrens und keine Prozesseffizienzen berichtet. Allerdings wird bereits nach bisherigem Kenntnisstand bezüglich der Rückgewinnungsverfahren schon deutlich, dass die Separation von Leuchtstoffen zur Rückgewinnung wirtschaftsstrategischer Stoffe sinnvoll ist. Daher sollte die Separation der Leuchtstoffe als Teil der Prozesskette zur Behandlung von Gasentladungslampen vorgeschrieben werden.

Abstract

Since 2005 the disposal of end-of-life (EoL) lamps is carried out in the responsibility of the producers according to the German national law on waste electrical and electronic equipment (ElektroG). Within this framework, the public authorities are primarily responsible for collection of lamps from private households. In addition, producers built voluntary take back systems.

Functionality of most gas discharge lamps relies on the use of mercury (Hg) as a luminescence auxiliary. Due to their mercury content, gas discharge lamps shall be separately collected in a way that minimises the breaking risk and which ensures appropriate treatment. LED do not contain mercury but are within the scope of the ElektroG and shall be separately collected as well.

The objective of the performed project was the identification of the status quo of the disposal of mercury containing gas discharge lamps and LED and the elaboration of proposals to improve the disposal. Incandescent lamps are not covered by this report.

Due to the currently very low amounts of EoL LED, the current status of LED disposal can be seen as sufficient. Facing the significant rise of amounts in the future, the need is seen to start now developing collection and treatment routines in order to reclaim the strategic metals contained in LED.

Xenon headlamps of cars contain relevant mercury amounts. The amounts of EoL Xenon lamps can not be identified precisely due to missing data bases. Major data gap is related to the export of used vehicles and the question how many of the exported vehicles have Xenon headlights. Anyhow, inspection of the actual depollution practice of dismantling companies is seen as sensible. Since some years mercury-free Xenon-headlamps are available.

Lamps of data projectors (beamer) show relatively high mercury amounts (15 to 40 mg mercury per lamp). This is why such lamps have a high relevance in spite of the fact that the number of lamps placed on the market is relatively low (compared to e. g. compact fluorescent lamps). A very weak data basis on the amounts of separately collected end-of-life beamer lamps has been found and it is advised to survey primary data at waste management companies and producers/retailers as basis for political measures. Anyhow, EoL beamer lamps shall be taken up as specific topic in public information campaigns. Such campaigns shall focus, inter alia, on professional users and existing collection systems shall be advertised intensively for collection of such lamps. Mandatory take back of beamer lamps by all retailers is seen as appropriate measure and shall be fixed in a revised ElektroG. If, by such measures, no sufficient collection results can be proved in the monitoring, economic steering instruments for EoL beamer lamps are seen as an appropriate instrument.

The potential waste amount of the gas discharge lamp types “tubular fluorescent lamp” and “compact fluorescent lamp” (with and without ballast) (abbreviated as ‘GDL’ in the following text) can not be precisely determined due to missing and inconsistent data bases. Data of the stiftung elektro-altgeräte register (stiftung ear, the German WEEE register) on the amount of lamps placed on the market in Germany are only available starting from 2006. To determine the potential waste amounts in the year 2011, one needs data from 2001 onwards because residence time of GDL in the market is according to producers’ data 10 years. Data of EUROSTAT about the apparent consumption are available for the years from 1995. Such data show significant differences compared to the data of stiftung ear, e.g. for the year 2009 they are by factor

2.9 higher than the amounts according to stiftung ear. An additional obstacle in the determination of potential waste amount is the fact that the EUROSTAT data are data on number of lamps. To assess the collection success, weight related data are necessary. Data bases to convert number of items in weight are very imprecise and not differentiated. Depending on the data bases used, the calculation of collection rates results in values between 11 % and 45 %. Concluding, the development of a reliable data basis is seen as a prerequisite for making informed policy decisions on collection rates.

Facing the very weak data basis, it is proposed – in addition to the discussion about the development of quantitative collection targets – to develop ambitious requirements for the details of the collection system of GDL and to integrate them in the revised ElektroG or a subsequent regulation.

By this, improved collection can be achieved without immediate determination of the steering instrument “collection rates”. Simplicity of the collection system (from the viewpoint of the user) and proximity to the user are seen as crucial criteria for an improved collection system. Implementation of this requirement shall be supported by obligatory collection at retailers according to Art. 5.2 of the recast of the WEEE Directive in the revised ElektroG. In case that it becomes obvious that such approach does not lead to the necessary improvements, it is proposed to evaluate economic steering instruments.

The special boxes which are currently used for the collection of GDL from private end users are seen as adequate for minimizing the risk of breaking during collection in the shops. For tubular GDL the use of extra boxes shall be extended. If this is not feasible in the current framework, it is proposed to take up a related requirement in the revised ElektroG or a subsequent regulation. Where boxes with a height of drop of more than 45 cm are used for the collection of compact GDL, a design shall be chosen which minimises the risk of breaking of the GDL. If this can not be enforced, use of such collection boxes shall be prohibited. In a weighting consideration of pros and cons compared with existing collection installations it has been concluded that collection of GDL in public space (e.g. in containers) is not a preferred option.

Effectiveness of public information campaigns on collection of GDL relies on a permanent information flow. Basically all producers and importers shall be obliged to fulfil efforts on similar levels for information and communication campaigns. Bundling of communication strategies is seen as important. Currently around 70 % of the amounts of GDL placed on the German market are represented in the voluntary take back system Lightcycle activities. An obligatory participation in the Lightcycle system is not conceivable e.g. due to anti trust aspects. It is proposed to take up the mandatory requirement in the revised ElektroG that all producers must prove information and communication activities on collection of GDL in different media. Exclusively publication in the internet is not seen as sufficient.

The current monitoring of disposal of GDL shows relevant gaps regarding information about collected amounts from private households and small enterprises. Additional surveys are proposed in order to gather information on amounts collected at retailers and wholesalers. Such information shall be made available to the UBA for data evaluation. Additionally data on the amount of EoL GDL from domestic collection, which has disposed of in Germany shall be made available regularly.

Transport of collected GDL is done regularly with special vehicles of the waste treatment companies. It is performed by trained staff. This ensures on the one hand a competent handling.

On the other hand, it supports the waste management companies by ensuring that breakage of GDL is minimised during transport and that collection on/in pallets is done adequately.

The pallets which are currently used (post pallets, closed boxes for tubular GDL, pallet cages if necessary with inlays) are seen as appropriate to minimise risk of breakage when used adequately. Thus, possible improvements to reduce risk of breakage are seen by competent filling of the boxes and pallets at the collection and delivery stations.

Improved efficiency of transport might be achieved by extending the collection frequency on demand and making the supply of boxes and pallets more flexible.

Treatment of GDL in Germany is done with best available techniques. Recycling of the mixed glass fraction is probably partly hampered by mercury concentrations above the limit value. Where these limit values are exceeded, recycling targets of the WEEE Directive might not be met for the specific form of lamps (mainly compact fluorescent discharge lamps). Anyhow, due to the high percentage of tubular GDL in the overall mass flow of EoL lamps and the fact that the concentrations of mercury in the glass fraction from tubular GDL is below the limit value, the required overall recycling rates for GDL can be achieved. Further depollution of the mixed glass fraction shall be included in future treatment requirements.

Evaluation of techniques for separation of fluorescent substances depends on information about subsequent reclamation processes. This information is currently not available because they are not disclosed by Rhodia, which is currently the only installation for reclamation of substances from phosphors. Even without information on concrete treatment steps and on reclamation efficiencies it can be stated that reclamation of fluorescent substances is a sensible approach in the context of the political strategy to ensure availability of strategic resources. Concluding, separation of fluorescent substances shall be made a mandatory treatment step in the disposal of GDL.

Inhaltsverzeichnis (kurz)

1 Gegenstand und Ziele 1
2 Rahmensetzungen 3
2.1 WEEE-Richtlinie 3
2.2 ElektroG 4
2.3 LAGA M31 6
2.4 WEEELABEX 8
2.5 Anforderungen an den Arbeitsschutz 9
2.6 Abfallstatistik zu quecksilberhaltigen Lampen 14
3 Quecksilberhaltige Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen 15
3.1 Zusammensetzung 15
3.2 Erfassungswege 16
3.3 Sammeleinrichtungen für private Endverbraucher 17
3.4 Erreichbarkeit der Sammelstellen 23
3.5 Verbraucherinformation 27
3.6 Mengenströme Altlampen 28
3.7 Finanzierung der Entsorgung 30
3.8 Abfallpotenzial 31
3.9 Quecksilberhaltige Lampen im Restabfall 36
3.10 Exkurs - Sammlung von Altlampen in Frankreich 37
3.11 Transport von GEL ab Übergabestelle der örE bzw. Konsolidierung des Handels 40
3.12 Minimierung des Bruchrisikos/Vermeidung von Fehlbefüllungen 44
3.13 Eignung der Sammelbehälterformen 49
3.14 Behandlungsverfahren für GEL 50
3.15 Quecksilber in der Sammlungs- und Behandlungskette 53
3.16 Rückgewinnungsverfahren für Seltene Erden aus Gasentladungslampen 54
3.17 Diskussion und Empfehlungen 56
4 Sonstige Lampen 68
4.1 LED 68
4.2 Xenon KFZ-Scheinwerferlampen 71
4.3 Beamerlampen 72
5 Quellen 75

Inhaltsverzeichnis (lang)

1 Gegenstand und Ziele 1
2 Rahmensetzungen 3
2.1 WEEE-Richtlinie 3
2.2 ElektroG 4
2.3 LAGA M31 6
2.4 WEEELABEX 8
2.5 Anforderungen an den Arbeitsschutz 9
2.5.1 Allgemeines zu Quecksilber 9
2.5.2 Gasentladungslampen 10
2.5.3 Arbeitsschutz bei der Sammlung 11
2.5.4 Arbeitsschutz beim Transport 12
2.5.5 Arbeitsschutz bei der Behandlung 13
2.6 Abfallstatistik zu quecksilberhaltigen Lampen 14
3 Quecksilberhaltige Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen 15
3.1 Zusammensetzung 15
3.2 Erfassungswege 16
3.3 Sammeleinrichtungen für private Endverbraucher 17
3.4 Erreichbarkeit der Sammelstellen 23
3.5 Verbraucherinformation 27
3.6 Mengenströme Altlampen 28
3.6.1 Eckpunkte der Abfallmengenströme 28
3.6.2 Mengen aus den Sammelstellen des Einzelfachhandels 29
3.6.3 Mengen aus der kommunalen Sammlung 29
3.6.4 Andere Sammelstellen für Kleinmengen 30
3.6.5 Elektrohandwerk 30
3.6.6 Großhandel 30
3.6.7 Großanfallstellen 30
3.7 Finanzierung der Entsorgung 30
3.8 Abfallpotenzial 31
3.8.1 Methodik 31
3.8.2 Verweildauern 31

3.8.3 In-Verkehr-gebrachte Menge 32
3.8.4 Abfallpotenzial - Szenarien 35
3.9 Quecksilberhaltige Lampen im Restabfall 36
3.10 Exkurs - Sammlung von Altlampen in Frankreich 37
3.11 Transport von GEL ab Übergabestelle der örE bzw. Konsolidierung des Handels 40
3.11.1 Fahrzeugtechnik und Personal 40
3.11.2 Umladung 41
3.11.3 Organisation 41
3.11.4 Bereitstellung/Abholung 41
3.11.5 Entladung 44
3.12 Minimierung des Bruchrisikos/Vermeidung von Fehlbefüllungen 44
3.12.1 Transport 44
3.12.2 Befüllung – negative Praxisbeispiele 45
3.13 Eignung der Sammelbehälterformen 49
3.13.1 Leuchtstoffröhren 49
3.13.2 Kompaktleuchtstofflampen 49
3.14 Behandlungsverfahren für GEL 50
3.14.1 DELA GmbH 50
3.14.2 eds-r 52
3.14.3 LAREC Lampen-Recycling Gesellschaft mbH 52
3.14.4 Quecksilbermessungen 53
3.15 Quecksilber in der Sammlungs- und Behandlungskette 53
3.16 Rückgewinnungsverfahren für Seltene Erden aus Gasentladungslampen 54
3.17 Diskussion und Empfehlungen 56
3.17.1 Sammelziele 56
3.17.2 Sammelsystem 57
3.17.3 Sammlung im öffentlichen Raum 60
3.17.4 Ökonomische Steuerungsinstrumente 61
3.17.5 Öffentlichkeitsarbeit 62
3.17.6 Monitoring 62
3.17.7 Behältersystem 63
3.17.8 Fahrzeugtechnik und Personal 64
3.17.9 Umladung 65

3.17.10 Organisation....65
3.17.11 Bereitstellung/Abholung....65
3.17.12 Entladung....66
3.17.13 Minimierung des Bruchrisikos/Vermeidung von Fehlbefüllungen....66
3.17.14 Eignung der Sammelbehälterformen....66
3.17.15 Behandlung....66
4 Sonstige Lampen....68
4.1 LED....68
4.2 Xenon KFZ-Scheinwerferlampen....71
4.3 Beamerlampen....72
5 Quellen....75

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Sammelbox mit Fächerstruktur (Bildquelle: Ökopol) 17
Abb. 2: Sammelbox mit hoher Fehlwurfquote (Bildquelle: Ökopol) 18
Abb. 3: Sammelbox mit hoher Fehlwurfquote (Bildquelle: Ökopol) 18
Abb. 4: Sammelbox mit sehr geringer Fehlwurfquote (Bildquelle: Ökopol) 19
Abb. 5: Sammelbox (Bildquelle: Ökopol) 19
Abb. 6: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol) 20
Abb. 7: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol) 20
Abb. 8: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol) 20
Abb. 9: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: INTECUS) 21
Abb. 10: Extra-Sammelbehälter für Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol) 21
Abb. 11: Extra-Sammelbox für Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol) 22
Abb. 12: Rungenpalette mit Leuchtstoffröhren variabler Länge (Bildquelle: Ökopol) 22
Abb. 13: Behälter mit Inlay für Leuchtstofflampen bei einer Großsammelstelle (Bildquelle: Ökopol) 23
Abb. 14: Durchschnittliche Öffnungszeiten von Wertstoffhöfen (Schäfer 2012) 24
Abb. 15: Screenshots des Sammelstellen-Suchtools von Lightcycle (http://www.lightcycle.de) 27
Abb. 16: Mengenströme Altlampenabfälle in Deutschland (Bezugsjahr: 2011) (eigene Darstellung) 28
Abb. 17: Altersverteilungskurve von Altlampen in Frankreich (Recylum 2011a) 32
Abb. 18: Verschiedene Arten von Lampensammelbehältern von Recylum 39
Abb. 19: Verwendete Transporttechnik/Ladungssicherung (Bildquelle: INTECUS) 40
Abb. 20: Ladungssicherung mit Stretchfolie (Bildquelle: INTECUS) 42
Abb. 21: Etikettierung (Bildquelle: INTECUS) 42
Abb. 22: Unterstützung der Beladung mittels Gabelstapler durch Betreiber der Sammelstelle (Bildquelle: INTECUS) 43
Abb. 23: Behälterstapelung mittels Hubwagen und Ladebordwand (Bildquelle: INTECUS) 44
Abb. 24: Sammelplatz mit mangelhafter Information (Rungenpalette und Bruchbehälter als weitere Sammeleinrichtungen werden unter der Überdachung hinter den Gitterboxen gelagert) (Bildquelle: INTECUS) 46
Abb. 25: Schlechte Stapelung von Leuchtstoffröhren auf Rungenpaletten (Bildquelle: INTECUS) 46
Abb. 26: Fehlbefüllungen Gitterbox und Lampenbruchbehälter (Bildquelle: INTECUS) 47

Abb. 27: Gute Praxis zur bruchvermeidenden Befüllung der Gitterboxen (Bildquelle: INTECUS) 47

Abb. 28: Geschlossene Fixierkette an einer Rungenpalette (Bildquelle: INTECUS) 48

Abb. 29: Missbräuchliche Nutzung einer Gitterbox (Bildquelle: INTECUS) 48

Abb. 30: Quecksilber-Mengenströme in der Entsorgung in % (eigene Berechnungen; aufgrund der Rundungen von Einzelwerten ergibt sich eine Summe über 100 %) 54

Abb. 31: Schemazeichnung Sammelbox mit variablem Boden 63

Abb. 32: Sammelboxen mit spezifischer Box für Leuchtstoffröhren (Bildquelle Recylum 2011) 64

Abb. 33: Zeitreihe des Bestandes und der Neuzulassungen von PKW und LKW mit Xenon-Lampen (Datengrundlagen Dat-Reports und KBA 2012, eigene Darstellung) 71

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Häufigkeit von Quecksilber-Analysen (WEEELABEX 2011) 9

Tab. 2: Grenzwerte für Quecksilber aus den technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)....10

Tab. 3: Abfallentsorgung 2010 - Input nach Art der Anlage, Abfallarten, Ländern und Jahren, Mengenangaben (Quelle: DESTATIS 2012a) 14

Tab. 4: Hauptmassekomponenten von Leuchtstofflampen (Angaben in g) 15

Tab. 5: Quecksilbergehalte von Gasentladungslampen (Sander/Wagner 2011)....15

Tab. 6: 27401510 - Leuchtstoff-Heißkathodenentladungslampen, mit doppelseitigen Kappen (ohne UV-Lampen) - iVgM (in Stück) in Deutschland (Quelle: EUROSTAT Prodcom)....33

Tab. 7: 27401530 - Leuchtstoff-Heißkathodenentladungslampen, (ohne UV-Lampen und Lampen mit doppelseitigen Kappen) - iVgM (in Stück) in Deutschland (Quelle: EUROSTAT Prodcom)....33

Tab. 8: 27401550 - Andere Entladungslampen (ohne UV-Lampen) - iVgM (in Stück) in Deutschland (Quelle: EUROSTAT Prodcom)....34

Tab. 9: IVgM von quecksilberhaltigen Gasentladungslampen nach stiftung ear in Deutschland (Stückzahl) (Quelle: stiftung ear)....34

Tab. 10: Abfallpotenzial nach verschiedenen Datengrundlagen und Szenarien (Bezugsjahr 2011, Angaben in t) 36

Tab. 11: Verteilung der Bruchquoten in der Entsorgungskette und in der Quecksilberbilanz 53

Tab. 12: Zusammensetzung einer Modell-LED nach Spengler et al. (2012)....68

Tab. 13: Materialien in Referenz-LED-Lampe (E27, ca. 650 lm, ca. 10 W) nach Spengler et al. (2012)....69

Tab. 14: Schätzung des Bedarfs an LEDs (in Mio. weiße Hochleistungs-LEDs) und LED-Lampen für verschiedene Beleuchtungssektoren (Spengler et al. 2012)....69

Tab. 15: Im- und Exporte von Beamern laut Außenhandelsstatistik (Destatis 2012)....72

Abkürzungen und Definitionen

Abfallpotenzial	Menge des anfallenden Abfalls (im Unterschied z. B. zur Menge des getrennt gesammelten Abfalls)
Abs.	Absatz
BIP	Bruttoinlandsprodukt
EAG	Elektroaltgeräte
ear	(stiftung) elektro-altgeräte register (http://www.stiftung-ear.de)
EBA	Erstbehandlungsanlage
ELC	European Lamp Companies Federation
Entladungslampe	bezeichnet eine Lampe, in der Licht direkt oder indirekt mittels einer elektrischen Entladung durch ein Gas, einen Metalldampf oder ein Gemisch verschiedener Gase und Dämpfe erzeugt wird (VERORDNUNG (EG) Nr. 245/2009 DER KOMMISSION vom 18. März 2009).
EU	Europäische Union
GEL	Gasentladungslampen, im Rahmen dieser Studie in der Regel Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen mit und ohne Vorschaltgerät)
Hg	Quecksilber
iVgM	in Verkehr gebrachte Mengen
kg	Kilogramm (Einheit)
KLL	Kompaktleuchtstofflampen; im Rahmen dieser Studie werden hierunter kompakt gebaute Leuchtstofflampen mit und ohne Vorschaltgerät bzw. mit Schraub- oder Stecksockel verstanden.
Lampen	austauschbare Lichtquellen, die in standardisierten Fassungen betrieben werden (stiftung ear).
LED Lampe	„LED-Lampe" bezeichnet eine Lampe, die eine oder mehrere LED enthält (VERORDNUNG (EG) Nr. 244/2009 DER KOMMISSION vom 18. März 2009).
LED	Leuchtdiode (engl. Light Emitting Diode)
Leuchten	Gerät zur Verteilung, Filterung oder Umwandlung des von einer oder mehreren Lichtquellen übertragenen Lichts, das alle zur Aufnahme, zur Fixierung und zum Schutz der Lichtquellen notwendigen Teile und erforderlichenfalls Hilfselemente zusammen mit den Vorrichtungen zu ihrem Anschluss an die Stromquelle, jedoch nicht die Lichtquellen selbst, umfasst (VERORDNUNG (EG) Nr. 245/2009 DER KOMMISSION vom 18. März 2009).

Leuchtstofflampen	Hier: mit Quecksilberdampf befüllte Niederdruck-Entladungslampen, in denen das Licht größtenteils von einer oder mehreren Schichten Leuchtstoffen ausgeht, die durch die ultraviolette Strahlung der Entladung angeregt werden (VERORDNUNG (EG) Nr. 245/2009 DER KOMMISSION vom 18. März 2009).
LR	Leuchtstoffröhre
Mg	Megagramm (Einheit)
mg	Milligramm (Einheit)
Nennlebensdauer	Die vom Hersteller veröffentlichte Lebensdauer unter Angabe des zugrunde liegenden Schaltrhythmus und der Ausfallrate; Kurzform z. B.: Lebensdauer 12B10 (12-Stunden-Schaltrhythmus / 10 % Ausfälle) [ZVEI 2005]
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
POM	Placed on the market (dt.: in Verkehr gebracht)
Verweildauer	Der Begriff „Verweildauer“ umfasst den Zeitraum vom in-Verkehr-Bringen eines Produktes bis zur Ankunft als Abfall in der Abfallsammlung. Enthalten sind somit z. B. Lagerzeiten im Handel, beim Endnutzer vor der ersten Nutzung (z. B. nach Vorratskauf) und die Lagerung nach Ende der Nutzungsdauer beim Endverbraucher.
W	Watt (Einheit)

1 Gegenstand und Ziele

Die Entsorgung der Altlampen erfolgt entsprechend dem ElektroG[1] seit 2005 in der Verantwortung der Hersteller, wobei die öffentlich-rechtlichen Entsorger für die Erfassung aus den privaten Haushalten primär verantwortlich sind. Zusätzlich haben verschiedene Hersteller und Entsorger freiwillige Rücknahmesysteme aufgebaut.

Mit dem „Glühlampenausstieg“ ist ein vermehrter Gebrauch von Gasentladungslampen wie stabförmigen Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen in privaten Haushalten verbunden. Auch der Einsatz an LED wird zukünftig stärker zunehmen. Die Funktionalität der meisten Gasentladungslampen ist dabei an die Verwendung von Quecksilber (Hg) als Leuchthilfsmittel gekoppelt. Gerade wegen ihres Quecksilbergehaltes sollten die anfallenden Altlampen möglichst vollständig und bruchsicher erfasst und sachgerecht behandelt werden. LED enthalten zwar kein Quecksilber, fallen jedoch unter die Regelungen des ElektroG und müssen daher nach Gebrauch - wie die Gasentladungslampen - getrennt erfasst und verwertet werden.

Ziel des durchgeführten Projektes war die Ermittlung des Standes bei der Entsorgung von Gasentladungslampen (GEL) und anderen Lampenarten wie Leuchtdioden (LED). Glühlampen waren nicht Gegenstand des Vorhabens.

Mit Blick auf die Besonderheiten der potenziellen Quecksilberemissionen bei unsachgemäßer Entsorgung wurde der Status Quo der Entsorgung der Altlampen ermittelt sowie der Stand der Technik beschrieben. Betrachtet wurden auch die (potenziell) entstehenden Emissionen von Quecksilber.

Auf dieser Basis wurden Empfehlungen zur Optimierung des bestehenden Systems der Erfassung, Behandlung und Verwertung der Altlampen abgeleitet.

[1] 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 befindet sich derzeit in der Novellierung.

Leitfragen der Untersuchung waren:

- Wie kann der derzeitige technische und organisatorische Stand der Entsorgung von Altlampen (Sammlung, Transport, Behandlung, Verwertung) mit einfachen Maßnahmen praxisnah optimiert werden?
- Welche Anreize können gesetzt werden, um die Anforderungen der neuen WEEE-Richtlinie[2] und des ElektroG hinsichtlich der Getrenntsammlung und Entsorgung von Altlampen zu unterstützen?
- Sind Maßnahmen zur Vermeidung von Quecksilberemissionen entlang der Entsorgungskette quecksilberhaltiger Lampen erforderlich und welche praxisnahen effektiven Mittel unterstützen dieses Ziel?
- Wie sind die Prozesse und Ergebnisse der Lampenverwertung ökologisch zu bewerten? In welche Pfade werden die einzelnen Stoffströme gelenkt? Was ist der Stand der Technik in der Lampenverwertung für Leuchtstofflampen und für andere Lampentypen? Welche Defizite gibt es?

In diesem Bericht werden die Niederdruck-Entladungslampen, Leuchtstoffröhren (stabförmige Leuchtstofflampen) und nicht-stabförmige Leuchtstofflampen betrachtet. Letztere umfassen u. a. ringförmige Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen mit und ohne Vorschaltgerät bzw. mit Stecksockel und mit Schraubsockel. Die Entsorgung von Hochdruck-Entladungslampen und LED wird für ausgewählte Anwendungsbereiche berücksichtigt.

[2] Neufassung der Elektro- und Elektronik-Altgeräte-Richtlinie (Richtlinie 2012/19/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012).

2 Rahmensetzungen

Dieses Kapitel fasst die spezifischen Anforderungen und Zielsetzungen ausgewählter Rahmenwerke im Zusammenhang mit der Entsorgung von quecksilberhaltigen Lampen und anderen Lampen zusammen. Allgemeine Anforderungen, die für alle EAG gelten, werden hier nicht explizit dargestellt.

2.1 WEEE-Richtlinie

Im Juli 2012 wurde die Novelle der WEEE Richtlinie verabschiedet, die in den kommenden Monaten in nationales Recht umgesetzt werden muss.

Die Richtlinie stellt eine Rahmengesetzgebung dar, die Mindestanforderungen beschreibt, hinter denen die Mitgliedstaaten nicht zurückbleiben dürfen.

In Art. 5 **(Getrennte Sammlung)** wird in Abs. 1 gefordert, dass die Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen ergreifen, um die Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten in der Form von unsortiertem Siedlungsabfall möglichst gering zu halten, die ordnungsgemäße Behandlung sämtlicher gesammelter Elektro- und Elektronikaltgeräte sicherzustellen und eine hohe Quote getrennt gesammelter Elektro- und Elektronikaltgeräte zu erreichen. In diesem Absatz werden einige Geräte besonders betont, bei denen diese Ziele mit besonderer Priorität erreicht werden müssen. Hierzu zählen auch die Leuchtstofflampen, die Quecksilber enthalten. Hieraus ist zu schließen, dass für diese Produktgruppe im Vergleich zu den anderen Produktgruppen Maßnahmen mit besonderer Relevanz ergriffen werden sollten.

Spezifische **Sammelquoten** für Gasentladungslampen sind nicht festgelegt. Artikel 7 (Sammelquote) bestimmt in Abs. 6 jedoch, dass die Kommission bis zum 14. August 2015 dem Europäischen Parlament und dem Rat einen Bericht über die mögliche Festlegung gesonderter Sammelziele für (u. a.) quecksilberhaltige Lampen vorlegt, der ggf. von einem Legislativvorschlag begleitet wird.

Art. 5 Abs. 2 b) der neuen WEEE-Richtlinie bestimmt, dass die Mitgliedstaaten für EAG aus Privathaushalten sicherstellen, dass „die Vertreiber bei der Abgabe eines neuen Produkts dafür verantwortlich sind, sicherzustellen, dass die Altgeräte Zug um Zug an den Vertreiber zumindest kostenlos zurückgegeben werden können, sofern das zurückgegebene Gerät gleichwertiger Art ist und dieselben Funktionen wie das abgegebene Gerät erfüllt hat. Die Mitgliedstaaten können von dieser Bestimmung abweichen, sofern sie sicherstellen, dass die Rückgabe der Elektro- und Elektronikaltgeräte für den Endnutzer hierdurch nicht erschwert wird, und dass sie für den Endnutzer weiterhin kostenlos ist. Die Mitgliedstaaten, die von dieser Abweichung Gebrauch machen, unterrichten hiervon die Kommission“ (im Folgenden als **1:1-Rücknahme** benannt).

Art. 5 Abs. 2 c) der neuen WEEE-Richtlinie besagt, dass die Mitgliedstaaten für EAG aus Privathaushalten sicherstellen, dass: „die Vertreiber in Einzelhandelsgeschäften mit Verkaufsflächen für Elektro- und Elektronikgeräte von mindestens 400 m^2 oder in deren unmittelbarer Nähe für Endnutzer Einrichtungen zur Sammlung von sehr kleinen Elektro- und Elektronikaltgeräten (keine äußere Abmessung über 25 cm) kostenlos und ohne Verpflichtung zum Kauf eines Elektro- oder Elektronikgeräts gleicher Art bereitstellen, sofern sich nicht aus einer Bewertung ergibt, dass bestehende alternative Sammelsysteme voraussichtlich mindestens ebenso wirksam sind. Solche Bewertungen sind der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die gesammelten

Elektro- und Elektronikaltgeräte sind in Übereinstimmung mit Artikel 8 ordnungsgemäß zu behandeln“ (im Folgenden als **0:1-Rücknahme** benannt).

Anhang V **(Mindestzielvorgaben für die Verwertung** gemäß Artikel 11) setzt für Gasentladungslampen in allen genannten Zeithorizonten eine Recyclingquote von 80 % fest.

Anhang VII (**Selektive Behandlung** von Werkstoffen und Bauteilen von Elektro- und Elektronikaltgeräten gemäß Artikel 8 Absatz 2) bestimmt, dass Gasentladungslampen aus getrennt gesammelten Elektro- und Elektronikaltgeräten entfernt werden müssen. Für Gasentladungslampen, die Bauteile von getrennt gesammelten Elektro- und Elektronikaltgeräten waren, wird die Entfernung des Quecksilbers gefordert.

Artikel 8 der Richtlinie (**Ordnungsgemäße Behandlung**) bestimmt in Absatz 5, dass die Mitgliedstaaten im Interesse des Umweltschutzes Mindestqualitätsnormen für die Behandlung von gesammelten Elektro- und Elektronikaltgeräten festlegen können. Darüber hinaus wird bestimmt: „Die Kommission beauftragt bis zum 14. Februar 2013 die europäischen Normungsorganisationen, europäische Normen für die Behandlung — einschließlich Verwertung, Recycling und Vorbereitung zur Wiederverwendung — von Elektro- und Elektronikaltgeräten auszuarbeiten. Diese Normen müssen dem Stand der Technik entsprechen“.

2.2 ElektroG

Im ElektroG sind Gasentladungslampen in der Produktkategorie 5 „Beleuchtungskörper“ sowie der Sammelgruppe 4 „Gasentladungslampen“ genannt.

§ 12 des ElektroG (Verwertung) bestimmt, dass bei Gasentladungslampen der Anteil der Wiederverwendung und der stofflichen Verwertung bei Bauteilen, Werkstoffen und Stoffen mindestens 80 % des Gewichts der Lampen betragen muss.

In **§ 11** des ElektroG (Behandlung) wird in Absatz 2 bestimmt: „Die Behandlung hat nach dem Stand der Technik im Sinne des § 3 Abs. 12 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zu erfolgen“. Dort heißt es:

„Stand der Technik im Sinne dieses Gesetzes ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in Anhang III aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.“

Als Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik werden in **KrWG**[3]§ 3 Abs. 28 und Anhang III genannt:

„1 Einsatz abfallarmer Technologie,

2. Einsatz weniger gefährlicher Stoffe,
3. Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle,
4. vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im Betrieb erprobt wurden,
5. Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen,
6. Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen,
7. Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen,
8. für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit,
9. Verbrauch an Rohstoffen und die Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz,
10. Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für den Menschen und die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern,
11. Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für den Menschen und die Umwelt zu verringern,
12. Informationen, die von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften gemäß Artikel 16 Abs. 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (ABl. EG Nr. L 257 S. 26) oder von internationalen Organisationen veröffentlicht werden."

Ergänzend wird in diesem Anhang angemerkt, dass die Bestimmung des Standes der Technik unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen sowie des Grundsatzes der Vorsorge und der Vorbeugung erfolgen soll.

§ 11 Abs. 2 ElektroG bestimmt auch, dass andere Behandlungstechniken, die mindestens das gleiche Maß an Schutz für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sicherstellen können, nach Aufnahme in Anhang II der Richtlinie 2002/96/EG vom 27. Januar 2003 (ABl. EG Nr. L 37 S. 24) entsprechend dem Verfahren des Artikels 14 Abs. 2 dieser Richtlinie angewandt werden können. Die Aufnahme entsprechender Verfahren ist bisher nicht erfolgt.

Anhang III des ElektroG (Selektive Behandlung von Werkstoffen und Bauteilen von Elektro- und Elektronikaltgeräten nach § 11 Abs. 2) bestimmt in Punkt 8: „Gasentladungslampen sind ausreichend gegen Bruch gesichert zu lagern und zu transportieren."

[3] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen Kreislaufwirtschaftsgesetz –KrWG; (Vollzitat: "Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das durch § 44 Absatz 4 des Gesetzes vom 22.Mai 2013 (BGBl. I S. 1324) geändert worden ist)

Anhang III Punkt 4 bestimmt, dass bei Gasentladungslampen das Quecksilber entfernt werden muss.

Punkt 6 desselben Anhangs bestimmt, dass bei der Aufbereitung von Lampen zur Verwertung für Altglas ein Quecksilbergehalt von höchstens 5 Milligramm je Kilogramm Altglas einzuhalten ist.

§ 11 des ElektroG (Behandlung) bestimmt in Absatz 2, dass bei der Behandlung mindestens die technischen Anforderungen nach **Anhang IV** erfüllt werden müssen. In diesem Anhang werden folgende technische Anforderungen beschrieben:

„1. Standorte für die Lagerung (einschließlich der Zwischenlagerung) von Elektro- und Elektronikaltgeräten vor ihrer Behandlung (unbeschadet der Deponieverordnung):

   a) geeignete Bereiche mit undurchlässiger Oberfläche und Auffangeinrichtungen und gegebenenfalls Abscheidern für auslaufende Flüssigkeiten und fettlösende Reinigungsmittel;

   b) wetterbeständige Abdeckung für geeignete Bereiche.

2. Standorte für die Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten:

   a) Waagen zur Bestimmung des Gewichts der behandelten Altgeräte;

   b) geeignete Bereiche mit undurchlässiger Oberfläche und wasserundurchlässiger Abdeckung sowie Auffangeinrichtungen und gegebenenfalls Abscheidern für auslaufende Flüssigkeiten und fettlösende Reinigungsmittel;

   c) geeigneter Lagerraum für demontierte Einzelteile;

   d) geeignete Behälter für die Lagerung von Batterien, PCB/PCT-haltigen Kondensatoren und anderen gefährlichen Abfällen wie beispielsweise radioaktive Abfälle

   e) Ausrüstung für die Behandlung von Wasser im Einklang mit Gesundheits- und Umweltvorschriften“.

2.3 LAGA M31

Das „Altgeräte-Merkblatt“ M31 der LAGA nennt in **7.1.4.4** als Anforderung, dass bei der Aufbereitung von Lampen zur Verwertung für Altglas ein Quecksilbergehalt von höchstens 5 Milligramm je Kilogramm Altglas einzuhalten ist und dass Gasentladungslampen ausreichend gegen Bruch gesichert zu lagern und zu transportieren sind.

7.2.6 nennt für die Sammelgruppe 4 (Gasentladungslampen) Stoffe, Zubereitungen und Bauteile, die aus getrennt gesammelten Altgeräten zu entfernen sind:

- Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln,
- Quecksilberhaltige (Hg-) Bauteile,
- Externe elektrische Leitungen (Kabel),
- Gasentladungslampen.

Hinsichtlich der Behandlung von Gasentladungslampen werden in **8.1.3** neben Verfahrensbeschreibung folgende Aspekte behandelt:

- Bruchsicherer Transport zur Erstbehandlungsanlage (EBA), Lagerung und Umschlag vor Witterungseinflüssen geschützt,
- Ordnungsgemäße Behandlung von Leuchtstoffröhren durch Kapp-Trenn-Verfahren und Schredderverfahren,
- Abtrennung des Leuchtmittels,
- Verweise auf einen Maximalgehalt an Quecksilber bei Altglas zur Verwertung von 5 mg/kg,
- Aufbereitung unter Abluftabsaugung,
- Abscheidung des Quecksilbers aus der Abluft durch Kondensation oder Adsorption,
- Abluftreinigung mittels Aktivkohlefilteranlagen,
- Die Glasfraktion aus unterschiedlichen Glassorten der Sonderformen (hauptsächlich Kompaktleuchtstofflampen) ist nur einer minderwertigen stofflichen Verwertung zugänglich,
- Der Feinkornanteil wird als nicht verwertbar bezeichnet,
- Verbesserung der Voraussetzungen für die Verwertung durch eine „nasse Aufbereitung“ der geschredderten Glasfraktion,
- Eignung des Nassverfahrens für Energiesparlampen (Kompaktleuchtstofflampen) und für Sonderbauformen.
- Separate Aufbereitung der Endkappen von Leuchtstoffröhren,
- Ausblasen von Leuchtmitteln aus gekappten Leuchtstoffröhren,
- Abscheiden der Leuchtmittel aus dem Abluftstrom durch Zyklone und/oder Filter,
- Quecksilber wird entweder auskondensiert oder beispielsweise an Aktivkohle adsorbiert,
- Glas aus Leuchtstoffröhren kann im Herstellungsprozess wieder eingesetzt werden.

Das Recycling von Leuchtmitteln nach dem Kapp-Trenn-Verfahren wird als „optional“ benannt. Bei der Betrachtung liegt anscheinend ein Verwertungsverfahren zugrunde, bei dem die Leuchtstoffe direkt wieder eingesetzt werden und daher zuvor in Bezug auf ihre Zusammensetzung identifiziert werden müssen.

Aufgrund der nahezu vollständigen Verwertung aller Bestandteile der stabförmigen Leuchtstoffröhren ist das Kapp-Trenn-Verfahren als Stand der Technik explizit benannt.

In **Anhang 5** werden Leuchtmittel sowie Metalle als verwertbar eingestuft. Beim Kapp-Trenn-Verfahren könne auch das Röhrenglas „wiederverwendet" werden.

2.4 WEEELABEX

Der Normungsvorschlag des WEEE Forums „WEEELABEX" nennt eine Vielzahl allgemeiner Anforderungen, die bei der Behandlung von Elektroaltgeräten berücksichtigt werden sollen. Als „Lampen" sind in Abschnitt 3.15 Gasentladungslampen und Retrofit LED-Lampen definiert.

In Abschnitt 3 ist gefordert, dass Angestellte entsprechende Schutzausrüstung nutzen sollen.

In Abschnitt 5.1.2 werden Aspekte gelistet, die beim Handling und bei der Lagerung von Lampen besonders berücksichtigt werden sollen. Dabei wird betont, dass Handling und Lagerung so erfolgen sollen, dass die Bruchgefahr möglichst gering gehalten wird.

Abschnitt 5.1.4 bestimmt, dass das unkontrollierte Abkippen von Containern mit Röhrenmonitoren, Flachbildschirmen, Temperaturaustauschgeräten und Lampen nicht erlaubt sein soll. Die Formulierung lässt allerdings keine Rückschlüsse darauf zu, dass die Entladung ohne Zerstörung der Geräte erfolgen soll.[4]

Abschnitt 5.2.3 besagt, dass für Röhrenmonitore, Flachbildschirme, Temperaturaustauschgeräte und Lampen nur Lagerungen mit wetterschützender Abdeckung geeignet sind. Abschnitt 5.2.4 schränkt dies jedoch wieder ein, indem besagt wird, dass die Menge an Geräten, die nicht wettergeschützt gelagert werden, die Verarbeitungsmenge von einem Monat nicht überschreiten darf.

Das WEEELABEX Dokument umfasst einen Anhang speziell zu Anforderungen an die Behandlung von Lampen. Darin werden als allgemeine Anforderungen genannt:

> "The objective of the normative document is to ensure the compliance with environmental, health and safety legislation and a reduction of the environmental impact of lamp treatment. These goals can be reached by means of:
>
> - non-polluting separation of lamps in fractions, for material recycling and/or recovery,
> - safe treatment of mercury in specialised treatment plants for lamp waste in compliance with all European Community legislation on health, safety and environment, and
> - environmentally sound recycling, recovery, and disposal of lamp fractions in compliance with all European Community legislation on health, safety and environment."

Im Abschnitt "Technical specifications" wird in Punkt 5.1.3 bestimmt, dass die Behandlung so erfolgen soll, dass die Verwertung der Fraktionen ermöglicht wird.

[4] Der Originaltext lautet: "Uncontrolled tipping of containers with CRT display appliances, flat panel displays, temperature exchange equipment, and lamps shall not be permitted." (WEEELABEX 2011)

In Abschnitt 5.4.2 wird bestimmt, dass Glasfraktionen zur Verwertung einen maximalen Quecksilbergehalt von 5 mg/kg haben dürfen. Für andere Fraktionen werden keine entsprechenden Grenzwerte angegeben.

Hinsichtlich der Überprüfung der Quecksilbergehalte in den Fraktionen werden die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Anforderungen genannt.

Tab. 1: Häufigkeit von Quecksilber-Analysen (WEEELABEX 2011)

Untersuchter Bereich	Untersuchtes Medium	Ort	Frequenz
Output Fraktionen	Glas	Ort der Zwischenlagerung	Monatlich. Wenn bei fortlaufender Messung kleine Abweichungen auftreten, stufenweise auf jährlich reduzieren.
		Vor der Entsorgung	
	Metallkappen	Ort der Zwischenlagerung	
		Vor der Entsorgung	
	Leucht-/Phosphor-Pulver	Ort der Zwischenlagerung	
		Vor der Entsorgung	
Beschäftigte der Bearbeitungsanlage (exklusive Verwaltungsmitarbeiter)	Urin (Kreatinin)	Nicht verfügbar/unzutreffend	Jährlich
Emissionen	Luft	Lagerbereich	Wöchentlich
		Alle Eingangspunkte von Recyclinganlagen	Wöchentlich
		Um die Recyclinganlagen	
		Alle Austrittspunkte von Recyclinganlagen	
		Büros (Nicht-Anlagenbereiche)	Jährlich (bei höherer Stufe monatliche Prüfung durchführen)
	Wasser	Abwasser Output	Vierteljährlich

2.5 Anforderungen an den Arbeitsschutz

2.5.1 Allgemeines zu Quecksilber

Quecksilber verdampft partiell bei Zimmertemperatur. Die Aufnahme solcher Dämpfe kann über die Atemwege erfolgen. Akute Vergiftungen sind aufgrund der beim Recycling von Gasentladungslampen zu erwartenden Konzentrationen auszuschließen. Arbeitsschutzmaßnahmen und die vorgeschriebenen maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen sind darauf ausgerichtet, chronische Schädigungen zu verhindern, die sich insbesondere in Koordinationsstörungen, erhöhtem Speichelfluss, Zittern an Fingern, Augen und Lippen äußern sowie auch zu Persönlichkeitsveränderungen und Depressionen führen können. Zudem gilt Quecksilber als reproduktionstoxisch (Kategorie 1B, H360D „Kann das Kind im Mutterleib schädigen“). Es gelten folgende Grenzwerte für Quecksilberkonzentrationen.

Tab. 2: Grenzwerte für Quecksilber aus den technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

Arbeitsplatzgrenzwert (unter Beachtung der TRGS 900)	Quecksilber	0,02 mg/m³ (Überschreitungsfaktor 8)
	Quecksilberverbindungen, anorganische (einatembare Fraktion)	0,02 mg/m³ (Überschreitungsfaktor 8)
Biologischer Grenzwert (unter Beachtung der TRGS 903)	Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen	0,025 mg/g Kreatinin im Urin, wobei der biologische Grenzwert bei mehreren Messungen einer Person im Mittel nicht überschritten sein darf.
	Quecksilber, organische Quecksilberverbindungen	0,1 mg/l im Blut

2.5.2 Gasentladungslampen

Gasentladungslampen sind gefährliche Abfälle gemäß Abfallverzeichnisverordnung und unterliegen somit den entsprechenden Vorschriften. Neben einer möglichen Gefährdung durch Schnittverletzungen infolge Lampenbruchs geht von Gasentladungslampen eine potenzielle Gefahr durch frei werdende Quecksilberemissionen aus.

Aufgrund der geringen Quecksilberkonzentrationen sind Gasentladungslampen allerdings keine Gefahrstoffe i.S. der Gefahrstoffverordnung.

Gasentladungslampen unterliegen zudem den Freistellungen von den Regelungen der ADR[5] 2011 in Zusammenhang mit der Art der Beförderungsdurchführung. Gemäß der Unterabschnitte 1.1.3.2 c) ist der Transport von

- Gasen der Gruppen A und O (gemäß Unterabschnitt 2.2.2.1), wenn der Druck des Gases im Gefäß oder Tank bei einer Temperatur von 20 °C höchstens 200 kPa (2 bar) beträgt und das Gas kein verflüssigtes oder tiefgekühlt verflüssigtes Gas ist (das schließt jede Art von Gefäß oder Tank ein, z. B. auch Maschinen- und Apparateteile)

sowie gemäß Unterabschnitt 1.1.3.2 h) der Transport von

- Gasen, die in elektrischen Lampen enthalten sind, vorausgesetzt, diese sind so verpackt, dass die durch einen Bruch der Lampe verursachte Splitterwirkung auf das Innere des Versandstücks begrenzt bleibt

von den Regelungen des ADR befreit.

Insofern unterfallen Lampen mit einem Gasdruck von bis zu 2 bar im Kaltzustand (das betrifft die meisten Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen) der Freistellung nach 1.1.3.2 c) und bestimmte Speziallampen (bspw. Xenon-Kurzbogenlampen und Hochvolthalogenlampen) der Freistellung nach 1.1.3.2 h). Letztere werden in Spezialverpackungen ausgeliefert und sind auch in selbigen wieder der Entsorgung zuzuführen (Lightcycle 2011). Entsprechend entfallen auch die Unterweisungsvorschriften des ADR nach Unterabschnitt 1.3.

[5] Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße.

Für alle Arbeitsplätze hat der Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG i. V. m. § 6 (1) GefStoffV durchzuführen, wonach die arbeitsplatztypischen Gefährdungen zu ermitteln und entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen zu bestimmen sind. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung, die festgelegten Maßnahmen des Arbeitsschutzes und das Ergebnis ihrer Überprüfung sind gemäß § 6 ArbSchG i. V. m. § 6 (8) GefStoffV zu dokumentieren.

2.5.3 Arbeitsschutz bei der Sammlung

Lightcycle (2006) hat „Annahmebedingungen für die Abgabe von Gasentladungslampen“ als Information herausgegeben, welche die grundsätzlichen Anforderungen an die Abgabe von Gasentladungslampen an Sammelstellen definieren. Darin heißt es u. a.:

- Kein Lampenbruch,
- Lampen müssen sauber und trocken sein,
- Lampen müssen unverpackt und ungebündelt sein,
- Lampen müssen nach Leuchtstoffröhren und Sonderformen vorsortiert sein,
- Die Einsortierung von Leuchtstoffröhren in die Rungenpaletten und Sonderformen in die Gitterbox erfolgt durch den Anliefernden - sofern dieses vom Sammelstellenbetreiber erwünscht ist.

Die Sammelbehälter sind so zu befüllen, dass der Bruch von Gasentladungslampen vermieden wird. Vorzugsweise ist die Befüllung der Sammelbehälter entweder durch oder unter Aufsicht einer entsprechend eingewiesenen Person zu empfehlen. Da dies aufgrund des damit verbundenen hohen Personalaufwands selten umsetzbar ist, sollte zur Vermeidung von Glasbruch zumindest auf eine behutsame und schonende Beschickung der Sammelbehälter hingewiesen werden. Zur Information für Sammelstellen hat Lightcycle (o. J.) das Infoblatt „Altlampen retour“ veröffentlicht. Dort werden insbesondere folgende Hinweise gegeben:

- Altlampen sind unverpackt und ungebündelt (ohne Verpackungen, Schlauchhüllen, Klebebänder, etc.) in die Behältnisse einzulegen.

Gitterboxen:

- Lampen nicht seitlich oder nach oben über die Gitterbox hinaus stehen lassen

Rungenpaletten:

- Spannkette muss vor Befüllung der Runge geschlossen werden,
- Röhren quer zur Spannkette einlegen,
- Palette möglichst mit Röhren gleicher Länge befüllen,
- Lange und schwere Röhren unten einlegen.

Da sowohl Gitterboxen als auch Rungenpaletten aufgrund der offenen Bauweise über keinen Witterungsschutz verfügen, sollte die Aufstellung überdacht erfolgen, um Verschmutzungen des Materials vorzubeugen und den Austrag von Quecksilber aus zerbrochenen Lampen über den Wasserpfad zu unterbinden. Aufstellungsort und der Weg zum Ort der Lkw-Beladung müssen über einen festen Untergrund verfügen, welcher das Rangieren der Behälter mittels Hubwagen bei jedem Wetter ermöglicht.

Die Lagerung zerbrochener Gasentladungslampen hat in gekennzeichneten und verschließbaren Behältern für quecksilberhaltigen Abfall zu erfolgen (bspw. Kunststofffässer mit Spannringdeckel).

Das Umladen von Gasentladungslampen ist grundsätzlich zu minimieren und ist vorzugsweise von Hand durchzuführen. Ein Kippen von Sammelbehältnissen in größere Sammelbehälter darf nur so erfolgen, dass die Lampen in das größere Behältnis gleiten und die Fallhöhe der Lampen gegen null geht.

Da Gasentladungslampen als gefährliche Abfälle i. S. der Abfallverzeichnisverordnung eingestuft sind, sind die Regelungen der TRGS 520 zu beachten. Dabei ist Abschnitt 3 der TRGS 520 (z. B. Verzeichnis gefährlicher Abfälle (Gefahrstoffverzeichnis) führen, Schutzmaßnahmen je nach Arbeitsbereich festlegen, Expositionsermittlung durchführen, Betriebsanweisungen formulieren, Unterweisungen durchführen) insbesondere für Wertstoffhöfe und Schadstoffannahmestellen zu beachten. Rücknahmestellen ausschließlich für bestimmte Arten gefährlicher Abfälle aufgrund gesetzlicher und freiwilliger Systeme (bspw. Sammelstellen in Handelseinrichtungen) sind von den Regelungen der TRGS 520 ausgenommen.

Unter Federführung der Unfallkasse Hessen beschäftigt sich ein Arbeitskreis der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) mit der Frage der Quecksilberexposition bei der Herstellung, bei der Sammlung und beim Recycling von Leuchtmitteln (Thullner 2012). Dabei wurde im Rahmen einer Befragung festgestellt, dass für 80 % der Mitarbeiter an Sammelstellen keine Gefährdungsbeurteilung existiert. Bei Messungen wurde festgestellt, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte problemlos eingehalten werden.

2.5.4 Arbeitsschutz beim Transport

Im Rahmen des Transports sind folgende Unfallverhütungsvorschriften und -informationen maßgeblich:

- Unfallverhütungsvorschrift „Flurförderzeuge“ (BGV D27) (bisherige VBG 36) vom 1. Juli 1995, in der Fassung vom 01. Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen (DA) vom Oktober 2002 (aktualisierte Fassung April 2004)
- Unfallverhütungsvorschrift „Fahrzeuge“ (BGV D29) vom 1. Oktober 1990, in der Fassung vom 1. Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen (DA) vom Januar 1993 (aktualisierte Fassung August 2007)
- BG-Information „Ladungssicherung auf Fahrzeugen - Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner, Fahr- und Ladepersonal“ (BGI 649) (vorherige ZH 1/413), Ausgabe 2002
- BG-Information „Gabelstaplerfahrer“ (BGI 545), Stand: Oktober 2007
- BG-Information „Sicherheits-Check Güterkraftverkehr - Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung“ (BGI 8643), Stand: Juni 2012
- Für Fahrzeuge mit Hubladebühnen (Ladebordwänden) ist insbesondere die Betriebssicherheitsverordnung in Verbindung mit Anhang 1 der Betriebssicherheitsverordnung und Kapitel 2.10 „Betreiben von Hebebühnen“ der BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (BGR 500) zu beachten.

Bei der Beladung der Fahrzeuge sind die allgemeinen Vorschriften der Ladungssicherung (bspw. die der VDI 2700 „Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen“) zu beachten. Insbesondere dürfen nur baugleiche Paletten übereinandergestapelt werden. Beim Wechseln der Rungenpaletten hat der Transporteur dafür zu sorgen, dass bei den neu zu befüllenden Rungenpaletten die Spannkette geschlossen ist. Um ein Verrutschen der Leuchtstofflampen zu vermeiden, hat es sich in der Praxis bewährt, die vollen Rungenpaletten mit Stretchfolie (mind. 3-fach) zu umwickeln.

2.5.5 Arbeitsschutz bei der Behandlung

Bei der Behandlung der Gasentladungslampen ist durch geeignete Maßnahmen grundsätzlich Sorge dafür zu tragen, dass die im Abschnitt 2.5.1 dargestellten Arbeitsplatzgrenzwerte nicht überschritten werden und dass die Arbeitnehmer so weit geschützt werden, dass es auch nicht zu einer Überschreitung der biologischen Grenzwerte kommt. Insbesondere sind die Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheides der jeweiligen Anlage zu beachten.

Grundsätzlich sollten folgende Maßnahmen in den Arbeitsbereichen umgesetzt sein:

- raumlufttechnische Maßnahmen zur Erfassung möglicher Quecksilberemissionen: Eine gute Be- und Entlüftung des Arbeitsraumes wird in der Regel durch einen fünffachen Luftwechsel erreicht. Die Lüftung sollte vor allem im Bodenbereich wirksam und von den Beschäftigten weg gerichtet sein. Um das Verdampfen von Quecksilber einzuschränken, ist die Raumtemperatur möglichst niedrig zu halten.
- Ausstattung der Maschinentechnik mit integrierter Absaugung
- Abscheidung von Quecksilberemissionen in der Abluft z. B. durch Verwendung von mit Schwefel imprägnierter Aktivkohle. Die Überschreitung der Beladungskapazität muss z. B. über eine optische Durchbruchskontrolle (Farbumschlag) angezeigt werden (z. B. über transparenten Filter mit Kaliumpermanganat).
- Der Fußboden des Arbeitsbereichs muss so beschaffen sein, dass frei werdende Stoffe erkannt und vollständig beseitigt werden können. Weiterhin muss der Boden leicht zu reinigen sein.
- Die Arbeitsplätze und Arbeitsbereiche sind regelmäßig mittels staubarmer Verfahren (bspw. Befeuchten) zu reinigen. Industriestaubsauger sind nur bedingt geeignet, da sie eine Verteilung des Quecksilbers in der Raumluft unterstützen. Derartige Geräte sollten zur Aufnahme von Glasbruch nur dann verwendet werden, wenn sie über geeignete Filter (bspw. speziell imprägnierte Aktivkohle) verfügen. Das Kehren ohne Staub bindende Maßnahmen oder Abblasen von Staubablagerungen mit Druckluft ist zu untersagen.

Wird bei der Tätigkeit mit Quecksilber der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten, sind vom Arbeitgeber regelmäßig arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen zu veranlassen. Quecksilberexponierten Beschäftigten hat der Arbeitgeber Vorsorgeuntersuchungen anzubieten. Es können Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche, werdende und stillende Mütter bestehen.

2.6 Abfallstatistik zu quecksilberhaltigen Lampen

DESTATIS veröffentlichte in der Fachserie 19 die in der folgenden Tabelle genannten Daten zur Entsorgung quecksilberhaltiger Abfälle, in denen Altlampen enthalten sein können. Abfälle aus produktionsspezifischen Bereichen werden im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet. Abfälle aus der Abfallbehandlung (Kapitel 19 des Abfallartenkataloges) werden hier nicht betrachtet, da die bestehenden Abfallschlüssel nicht spezifisch für Abfälle aus der Behandlung von Altlampen sind.

Tab. 3: Abfallentsorgung 2010 - Input nach Art der Anlage, Abfallarten, Ländern und Jahren, Mengenangaben (Quelle: DESTATIS 2012a)

EAV	Abfallart	Anzahl Entsorgungsanlagen insgesamt	Input insgesamt in 1.000 t	Davon aus dem Ausland angeliefert in 1.000 t
160108*	Quecksilberhaltige Bestandteile	3	0,0	-
200121*	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle	72	19,2	1,2

3 Quecksilberhaltige Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen

3.1 Zusammensetzung

Aufgrund ihrer verschiedenen Bauformen unterscheiden sich die Zusammensetzungen von quecksilberhaltigen Kompaktleuchtstofflampen (KLL) und Leuchtstoffröhren (LR) (im Folgenden mit GEL abgekürzt) deutlich. Die folgende Tabelle nennt beispielhaft Angaben zu den Hauptkomponenten aus verschiedenen Literaturquellen.

Tab. 4: Hauptmassekomponenten von Leuchtstofflampen (Angaben in g)

Fraktion	KLL, E27, 15W*	KLL, E27, 15W*	KLL, E14, 10W*	KLL, E14, 10W*	Leuchtstofflampe**	KLL**
Glas	25	17,5	17,5	25	46	65
Aluminium	1,5	1	1	1,5	27***	4***
Kunststoff	45	22	27	25		
Leiterplatte	20	17	16	20		15

* Tichelen et.al. 2008
** Weltz et.al. 2011
*** Metall gesamt

Die Gehalte an wirtschaftsstrategischen Metallen variieren in großem Umfang je nach Lampentyp und Einsatzzweck. Für die Leuchtstoffherstellung werden unter anderem die Elemente Europium, Terbium, Yttrium, Cerium und Lanthan verwendet. Eine grobe Orientierung zur Verteilung der eingesetzten Elemente kann der Blick auf die durchschnittliche Zusammensetzung von Leuchtstoffen geben. Danach beträgt der durchschnittliche Anteil von Yttriumoxid 69 %, von Ceroxid 11 %, Lanthanoxid 8,5 %, Europium 4,9 %, Terbiumoxid 4,6 % und Gadoliniumoxid 1,8 % (vgl. USGS 2011, S. 8).

In einer Studie zu den Datengrundlagen zur Entsorgung quecksilberhaltiger Lampen (Sander/Wagner 2011) wurden die in der folgenden Tabelle dargestellten Quecksilbergehalte beschrieben.

Tab. 5: Quecksilbergehalte von Gasentladungslampen (Sander/Wagner 2011)

Jahr	Hg [mg/KLL]	Hg [mg/LR]
1998	5	7,8
1999	4,79	7,37
2000	4,58	6,95
2001	4,37	6,52
2002	4,2	6,17
2003	4,03	5,82
2004	3,86	5,47
2005	3,69	5,12
2006	3,52	4,77
2007	3,35	4,42
2008	3,18	4,07
2009	3	3,72
2010	2,83	3,37
2011	2,7	3,1
2012	2,63	3,01
2013	2,55	2,92

Jahr	Hg [mg/KLL]	Hg [mg/LR]
2014	2,48	2,83
2015	2,41	2,74
2016	2,33	2,65
2017	2,26	2,56
2018	2,18	2,47
2019	2,11	2,38
2020	2,04	2,29
2021	1,96	2,21
2022	1,89	2,12
2023	1,82	2,03
2024	1,74	1,94
2025	1,67	1,85
2026	1,59	1,76
2027	1,52	1,67
2028	1,45	1,58
2029	1,37	1,49
2030	1,3	1,4

3.2 Erfassungswege

Entsprechend dem ElektroG gelten GEL weitgehend als Geräte aus privaten Haushalten. Die örE sind gesetzlich verpflichtet, kostenlos die Altgeräte aus privaten Haushalten zurückzunehmen. Die Hersteller und Vertreiber können eigene Rücknahmesysteme betreiben. Vertreiber dürfen gesammelte Altlampen bei den jeweiligen örE kostenlos abgeben.

Die Lightcycle Retourlogistik und Service GmbH (kurz: Lightcycle) übernimmt die Altlampen aus den verschiedenen Anfallbereichen (privat, gewerblich) in ihr Entsorgungssystem. Lightcycle wurde 2005 als nicht gewinnorientiertes Gemeinschaftsunternehmen von Lampenherstellern gegründet. Lightcycle betreibt ein System zur Rücknahme von Beleuchtungskörpern, um Verpflichtungen im Rahmen der Herstellerverantwortung zu erfüllen. Ziel ist zudem der Ausbau eines flächendeckenden Sammelstellennetzes und die Information von Öffentlichkeit und Institutionen zur Lampenentsorgung.

Private Endverbraucher können Altlampen derzeit bei den örE, im Handel, bei anderen Hersteller-Sammelsystemen, z. B. im Gewerbe oder Behörden (Beispiel take-e-way) oder im Handwerk abgeben. Welche Mengen über die verschiedenen Erfassungswege von privaten Endverbrauchern abgegeben werden, ist unklar, da keine klare Trennung zu den Mengen aus dem Kleingewerbe erfolgt. Unabhängig von dieser Überschneidung der Herkunftsgruppen kann aus einer Umfrage von Lightcycle geschlossen werden, dass die Mehrheit der privaten Endverbraucher Altlampen bei den örE abgibt.[6] Das Handwerk (ohne Handel) wird hier eine untergeordnete Rolle spielen, da es im privaten Bereich weniger mit dem Austausch der Lampen befasst ist.

Handel und Handwerk konsolidieren die in den Einzelgeschäften gesammelten Mengen teilweise nochmals intern, bevor die Lampen an Lightcycle bzw. die Logistiker oder an die örE übergeben werden.

[6] EMNID Umfrage im Auftrag von Lightcycle.

Das Kleingewerbe kann Altlampen bei den örE, dem Handel, Handwerk und in Sammelsystemen der Entsorger abgeben, soweit dies den Regelungen des ElektroG entspricht. Auch hier gilt das oben Gesagte zur Trennung der Mengen aus Privatquellen und dem Kleingewerbe. Auch die Mengen aus dem Kleingewerbe werden teilweise konsolidiert, bevor die Lampen an Lightcycle bzw. die örE übergeben werden.

Bei Großanfallstellen (ab 3 m^3 entsprechend etwa 1 t bzw. ca. 5.000 Lampen/a) bietet Lightcycle eine Direktabholung an. Angebote ähnlicher Art sind von Entsorgern bekannt.

3.3 Sammeleinrichtungen für private Endverbraucher

Die Behälter zur Sammlung von Altlampen von den Endverbrauchern unterscheiden sich teilweise deutlich im Hinblick auf ihre Bauart und ihre Aufstellung. In den folgenden Abschnitten werden weitverbreitete Behälterarten im Hinblick auf die relevanten Bewertungskriterien für die Sammlung von GEL betrachtet.

Die Bauart von Behältern zur Sammlung von Altlampen scheint die Wahrscheinlichkeit bzw. das Ausmaß von Fehlwürfen zu beeinflussen. Besonders geringe Fehlwürfe wurden am Beispiel einer Sammelbox mit Fächerstruktur festgestellt, wie sie im folgenden Bild dargestellt ist.

Abb. 1: Sammelbox mit Fächerstruktur (Bildquelle: Ökopol)

Anscheinend kommt es bei der Sammlung von Altlampen teilweise dann zu „Querkontaminationen“, wenn andere Öffnungen desselben Sammelbehälters zur Sammlung anderer Fraktionen existieren. Die jeweils anderen Fraktionen werden anscheinend überproportional häufig in die Behälter für GEL geworfen. Dies wurde bei Entpackstationen festgestellt, bei denen höhere Verpackungsanteile in den Altlampenbehältern gefunden wurden (siehe folgendes Beispielbild). - Hieraus kann nicht auf einen hohen Fremdstoffeintrag in die Entsorgung insgesamt geschlossen werden. Die entsorgenden Unternehmen bewerten die Gesamtmasse der Fehlwürfe als gering.

Abb. 2: Sammelbox mit hoher Fehlwurfquote (Bildquelle: Ökopol)

Dieses Problem wurde auch bei der Sammlung von EAG und Altlampen in einer integrierten Sammelbox mit zwei gleichen Einwurföffnungen festgestellt.

Abb. 3: Sammelbox mit hoher Fehlwurfquote (Bildquelle: Ökopol)

Bei einem anderen Händler, bei dem keine Elektrogeräte verkauft werden, wurde bei der gleichen Sammelbox-Art eine sehr reine Altlampenfraktion vorgefunden. In den Fällen, wo die Sammlung von Verpackungen optisch deutlich von dem Sammelbehälter für GEL getrennt war, waren auch weniger Fehlwürfe durch Verpackungen festzustellen.

Abb. 4: Sammelbox mit sehr geringer Fehlwurfquote (Bildquelle: Ökopol)

Eine optische Trennung der Sammelbox für Altlampen von der Sammlung der anderen Fraktionen (wie dies bei der Lightcycle- und der take-e-way- Box der Fall ist) unterstützt geringere Fehlwurfquoten. In fast allen Fällen wurden Lampen gefunden, die nicht-quecksilberhaltig oder LEDs waren. Die geringste Fehlwurfquote wird dann erreicht, wenn die Altlampen durch das Personal angenommen werden.

Abb. 5: Sammelbox (Bildquelle: Ökopol)

Bei der Leerung der Boxen in größere Behälter bei den Konsolidierungsstellen des Handels (z. B. Gitterbox) werden die Fehlwürfe teilweise aussortiert. Insofern erscheint die Fehlwurfquote kein zentrales Kriterium für die Sammlung im Handel zu sein (solange keine schwereren Fraktionen eingeworfen werden, durch die die Altlampen zerstört werden).

Die meisten im Handel aufgestellten Sammelboxen sind für Kompaktleuchtstofflampen geeignet. Sie haben in vielen Fällen nur eingeschränkte Eignung für röhrenförmige und kreisförmige Altlampen. Wenn bei den gezeigten Sammelboxen Leuchtstoffröhren eingefüllt werden, besteht ein erhöhtes Bruchrisiko.

Abb. 6: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol)

Abb. 7: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol)

Abb. 8: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol)

Abb. 9: Sammelbox mit Leuchtstoffröhren (Bildquelle: INTECUS)

Eine ergänzende Erfassung von Leuchtstoffröhren ist nur in wenigen Fällen realisiert (siehe Beispielbilder unten).

Abb. 10: Extra-Sammelbehälter für Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol)

Abb. 11: Extra-Sammelbox für Leuchtstoffröhren (Bildquelle: Ökopol)

Die verwendeten Behältersysteme unterschieden sich konstruktiv hinsichtlich des Bruchrisikos. Als wesentlicher Punkt wurde gesehen, dass bei einigen Behältertypen die Fallhöhe für die Altlampen bis zu 1 m beträgt. Hier sollte geprüft werden, ob konstruktive Veränderungen möglich sind (z. B. variable Bodenhöhen).

Versandboxen, wie sie z. B. von Interseroh angeboten werden, ergänzen das Angebot für Gewerbebetriebe. Die Mengenrelevanz wird von Interseroh in der Größenordnung von Nischenaktivitäten beschrieben.

Bei Großanfallstellen bzw. Großsammelstellen für gewerbliche Mengen stehen Rungenpaletten und Gitterboxen zur Verfügung. Hier besteht das Problem, längere Leuchtstoffröhren so unterzubringen, dass sie nicht überstehen (siehe folgendes Foto).

Abb. 12: Rungenpalette mit Leuchtstoffröhren variabler Länge (Bildquelle: Ökopol)

Dies könnte erreicht werden, indem für Überlängen extra Behälter genutzt würden. Hierdurch entstünden erhöhte Logistikkosten.

Bei Großanfallstellen bzw. Großsammelstellen werden Gitterboxen mit und ohne Inlay verwendet. Das Risiko, dass Lampen bei der Verladung und dem Transport zerstört werden, wird durch ein Inlay reduziert.

Abb. 13: Behälter mit Inlay für Leuchtstofflampen bei einer Großsammelstelle (Bildquelle: Ökopol)

3.4 Erreichbarkeit der Sammelstellen

Die Öffnungszeiten von Annahmestellen der örE (Recyclinghöfe, Wertstoffhöfe) variieren stark. Teilweise sind sie an Wochentagen und am Samstag 4 Stunden vormittags geöffnet, teilweise an Wochentagen länger. Eine flächendeckende Erhebung zu den Öffnungszeiten und Entfernungen ist nicht verfügbar. Der Verband kommunaler Unternehmen e. V. Abfallwirtschaft und Stadtreinigung VKS hat Mitgliedsbetriebe unter anderem zu Öffnungszeiten und Flächenabdeckung bzw. Einwohnerabdeckung befragt (16 Betriebe mit jeweils mehreren Wertstoffhöfen). Der Median der Öffnungszeiten lag bei 52 h/Woche (Schäfer 2012) (siehe auch folgende Abbildung).

Die Wertstoffhöfe decken im Durchschnitt eine Fläche von 72 km²/WS-Hof ab und ca. 100.000 Einwohner (Schäfer 2012a).

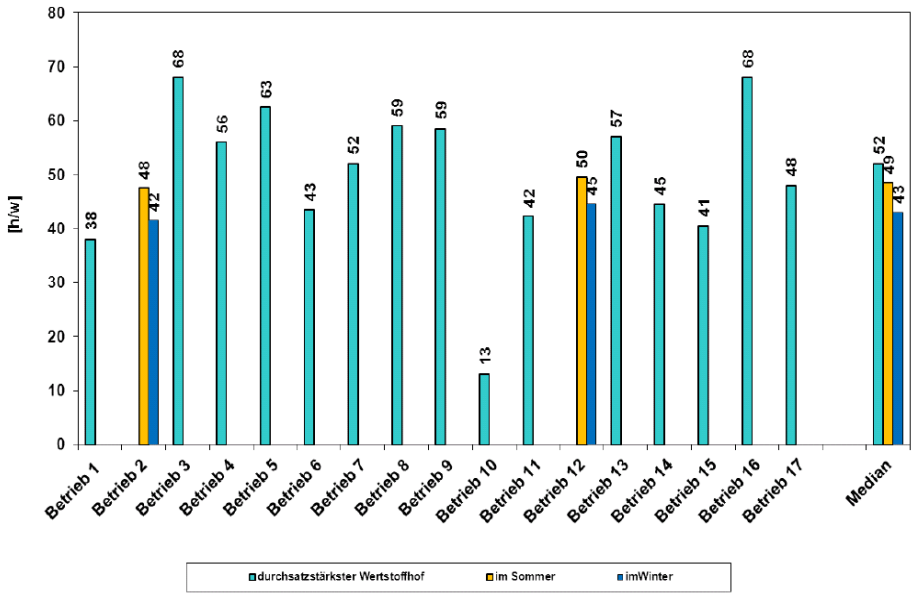


Abb. 14: Durchschnittliche Öffnungszeiten von Wertstoffhöfen (Schäfer 2012)

Die mobilen Sammelsysteme der örE werden zu festgelegten Zeiten und an variierenden Orten eingesetzt. Sammelstellen im Handel sind zu den üblichen Öffnungszeiten zugänglich. Sammelstellen an Arbeitsplätzen zu üblichen Arbeitszeiten und in Behörden zu den jeweiligen variierenden Öffnungszeiten. Annahmen durch Handwerksbetriebe sind in der Regel den Arbeitszeiten der Gewerbebetriebe angepasst.

Neben der Frage der Verfügbarkeit wird die Verbraucherfreundlichkeit von Sammelsystemen dadurch geprägt, wie hoch der zusätzliche Aufwand für die Abgabe der Altlampen ist. Aufwand entsteht daraus, herauszufinden, wo und wann Altlampen abgegeben werden können (Lokalisierungsaufwand), daraus, dass zusätzliche Wege gemacht werden müssen (Wegeaufwand) und durch die Notwendigkeit einer Zwischenlagerung vor der Abgabe (Lageraufwand).

Die Identifizierung der Sammelstellen und Zeiten (Kriterium: Lokalisierungsaufwand) kann erfolgen z. B.

- im Falle von mobilen Schadstoffsammelsystemen der örE über Abfallkalender oder einen Anruf bei der Abfallberatung,
- im Falle der Sammelstellen bei den örE und von Lightcycle über die Sammelstellensuche im Internet oder zukünftig über eine Smartphone-App der Firma Hellmann Process Management.

Der geringste Aufwand ist allerdings zu erwarten, wenn die Sammelstelle durch den Endverbraucher im Alltag wahrgenommen wird und er sich in dem Moment an diese Information erinnert, wenn eine Altlampe entsorgt werden muss. Dies wird z. B. erreicht, wenn die Sammelstellen auf den täglichen Wegen gesehen werden (beim Einkaufen bzw. am Arbeitsplatz). Als Element für einen geringen Lokalisierungsaufwand wird auch eingeschätzt, wenn einfache Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen, z. B. wenn an allen Orten, wo Lampen verkauft werden, auch Lampen zurückgegeben werden können.

Die Nutzung der mobilen Schadstoffsammlung der Kommunen setzt voraus, dass der Endverbraucher den geeigneten Standort und die Standortzeiten herausfindet, die Lampen so lange zwischenlagert und seine Wege auf Standort und Zeit der mobilen Sammlung ausrichtet. Bei der Sammlung durch die Wertstoffhöfe ist meistens ein regelmäßiges Angebot verfügbar, das auch über die Entsorgung anderer Abfallfraktionen (Gartenabfälle, Bauabfälle, Sperrmüll, etc.) im Prinzip bekannt ist. Hier sind allerdings eingeschränkte Zeiten zu berücksichtigen (siehe oben), die Orte müssen identifiziert werden (wenn sie nicht über die Abgabe anderer Dinge bekannt sind) und die Wege der Endverbraucher müssen angepasst werden.

Die Abgabe im Handel kann im Rahmen von Wegen erfolgen, die sowieso regelmäßig gemacht werden. Die Annahmezeiten sind bekannt und auf die Zeiten ausgerichtet, zu denen den Kunden ein Besuch möglich ist (sehr stark ökonomisch determinierte Kundenorientierung). Da allerdings derzeit nicht bei allen Händlern Abgabemöglichkeiten bestehen, muss ein zusätzlicher Aufwand für die Identifizierung der Händler betrieben werden, die sich an der Sammlung beteiligen. Diese Unsicherheit über die Abgabemöglichkeiten drückt sich anscheinend auch in den Ergebnissen einer Umfrage aus, die von Lightcycle in Auftrag gegeben wurde. Darin wurden private Endverbraucher gefragt, wo sie ihre Altlampe abgeben würden. 48 Prozent der Befragten „würden ihre ausgedienten Sparlampen an einer der 2.500 kommunalen Sammelstellen wie dem lokalen Wertstoffhof abgeben. 17 Prozent würden eine der über 5.500 Sammelstellen im Handel wie in Drogerie- oder Baumärkten, in Supermärkten oder im Fachhandel nutzen“ (Recycling Magazin Online vom 28.08.2012). Trotz der höheren Anzahl würden die Sammelstellen des Handels also seltener aufgesucht als die Wertstoffhöfe, da das Kriterium der „Einfachheit“ bei den Wertstoffhöfen eher erfüllt zu sein scheint.

Die Überprüfung der Sammelstellendichte im Lightcycle-System über die Sammelstellensuche (http://www.lightcycle.de/verbraucher/sammelstellensuche.html) zeigte, dass in ländlichen Gebieten die Entfernung zur nächsten Sammelstelle oftmals über 10 km liegt, aber auch Entfernungen deutlich über 20 Kilometer und mehr festgestellt wurden (Beispiele Screenshots Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt; Zugriff am 30.11.2012).

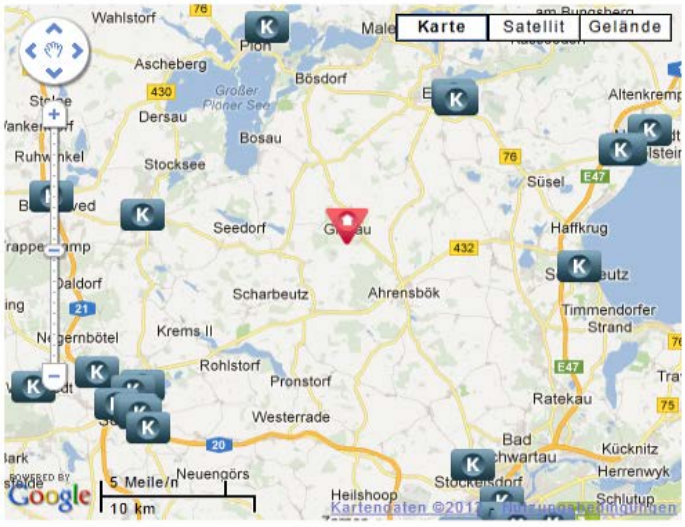
Ihr Standort ANZEIGEN | Kleinmengen-Sammelstellen[1)] | Großmengen-Sammelstellen[2)]

[1)] Kleinmengen-Sammelstellen:
Im Handel können Sie haushaltsübliche Mengen an LED- und Energiesparlampen abgeben. Bei kommunalen Sammelstellen können Sie auch Leuchtstoffröhren abgeben.

[2)] Großmengen-Sammelstellen:

Ihre Suche für **„norderstapel"** ergab folgende Sammelstellen im Umkreis von 52 km.

Adresse	Entfernung
Elektro Lorentzen Bevering 4, 24861 Bergenhusen	9 km
Max Bahr Buschkamp 1, 25813 Husum	22 km
EuronicsXXL Niebüll Buschkamp 1, 25813 Husum	22 km
plaza Bau- und Gartencenter Robert-Koch-Str. 15 , 25813 Husum	23 km
expert Westküsten GmbH expert Siemensstraße 34-36, 25813 Husum	23 km
Hagebau Markt Siemensstraße 30, 25813 Husum	23 km



Ihr Standort ANZEIGEN | Kleinmengen-Sammelstellen[1)] | Großmengen-Sammelstellen[2)]

[1)] Kleinmengen-Sammelstellen:
Im Handel können Sie haushaltsübliche Mengen an LED- und Energiesparlampen abgeben. Bei kommunalen Sammelstellen können Sie auch Leuchtstoffröhren abgeben.

[2)] Großmengen-Sammelstellen:

Ihre Suche für **„glasau"** ergab folgende Sammelstellen im Umkreis von 46 km.

Adresse	Entfernung
Megaland Johann-Specht-Str. 5-7, 23701 Eutin	15 km
Hagebau Markt Industriestraße 12, 23701 Eutin	15 km
hagebaumarkt Behler Weg 7, 24306 Plön	16 km
Schöberl Car Service GmbH Ahrensböker Str. 118 B, 23617 Stockelsdorf	21 km
WZV - Recyclinghof Tensfeld An der L69, 23824 Damsdorf	23 km
Adalbert Zajadacz GmbH Sattlerstr. 5, 23556 Lübeck	23 km

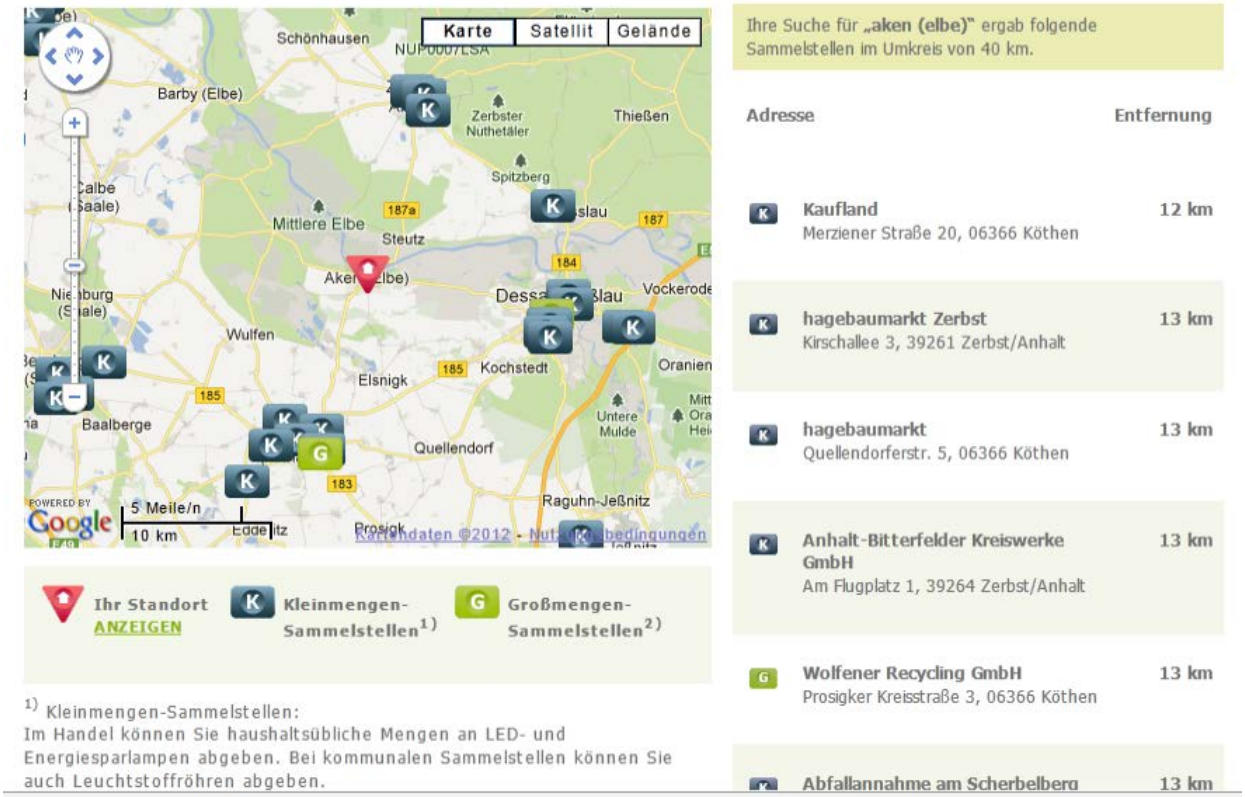


Abb. 15: Screenshots des Sammelstellen-Suchtools von Lightcycle (http://www.lightcycle.de)

Zur Bewertung der Entfernung zur Sammelstelle kann betrachtet werden, welche Entfernung in der Region zum Kauf einer Gasentladungslampe zurückgelegt werden muss. Im Fall der beiden Beispiele aus Schleswig-Holstein liegt die Entfernung bis zum nächsten Baumarkt bei ca. 10 km.

3.5 Verbraucherinformation

Nach ElektroG sind sowohl die örE als auch die Hersteller zur Information der Öffentlichkeit verpflichtet. Operationalisierte Anforderungen, z. B. zur Intensität der Informationstätigkeit, sind nicht formuliert. Die örE informieren i. d. R. durch ihre Abfallkalender und über das Internet. Die Verbraucherinformation durch Lightcycle erfolgt herstellerfinanziert. Lightcycle betreibt eine sehr umfassende und differenzierte Öffentlichkeitsarbeit mit einer Vielzahl bedienter Medienkanäle und aktionsorientierter Ansätze.

Andere Systeme führen vor allem eine eng zielgruppenorientierte Informationsarbeit durch. Dies kann sich auf Großerzeuger beziehen oder auf bestimmte Einsatzgebiete (z. B. Behörden).

Weiterhin stellt die Information der Verbraucher bei den Rücknahmestellen ein wichtiges Element der Verbraucherinformation dar. Durch gute Sichtbarkeit wird ein Erinnerungseffekt erzeugt, der dazu führt, dass sich die Endverbraucher ohne Aufwand an die Rücknahmestelle erinnern, wenn eine Lampe zu entsorgen ist. Die gute Sichtbarkeit wird z. B. erzeugt durch einen geeigneten Aufstellplatz der Box, einen Deckenhänger, der den Standort der Box gut sichtbar zeigt, eine Information am Eingang und am Regal für Neulampen.

3.6 Mengenströme Altlampen

3.6.1 Eckpunkte der Abfallmengenströme

Entsprechend den Angaben von Lightcycle wurden im Jahr 2011 von den örE 2.282 t Altlampen gesammelt und 6.845 t im Rahmen des freiwilligen Systems von Lightcycle (Gesamtmenge dieser beiden Herkunftsbereiche in 2011: 9.127 t) (Lightcycle Geschäftsbericht 2011).

In Deutschland wurden im Jahr 2011 in 4 Anlagen 17.150 t Altlampen bzw. Lampenabfälle behandelt. Für 2.250 t davon wurde der Import aus dem europäischen Ausland als Quelle angegeben (Quelle: eigene Erhebung).

In den Jahren 2009 bis 2011 wurden keine Gasentladungslampen mit der Abfallschlüsselnummer 20 01 21* exportiert (UBA 2012a).

Basierend auf den vorliegenden Zahlen kann geschlossen werden, dass ca. 5.770 t Lampenabfälle[7]über andere Systeme als die örE und das Lightcycle-System in Deutschland gesammelt wurden.

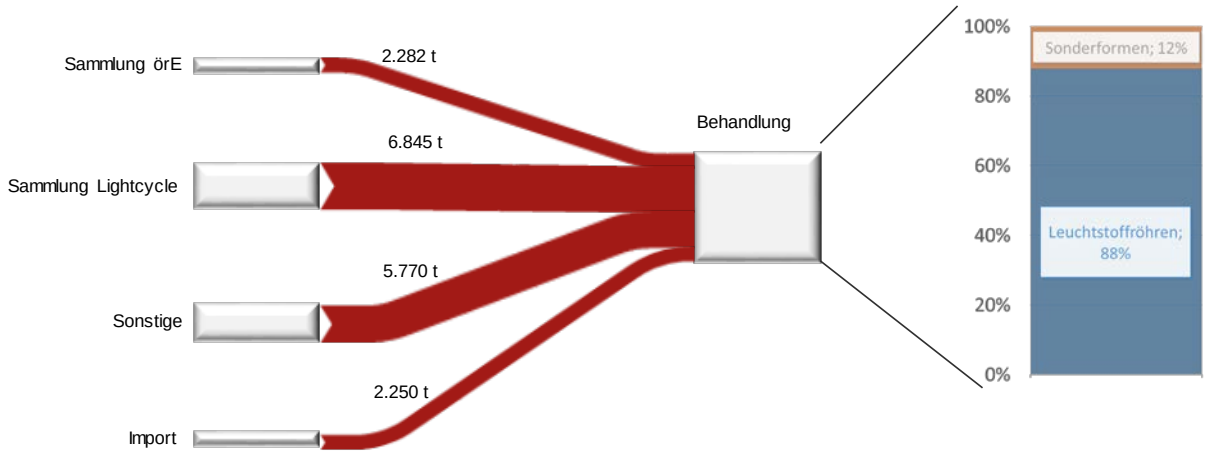


Abb. 16: Mengenströme Altlampenabfälle in Deutschland (Bezugsjahr: 2011) (eigene Darstellung)

Die folgenden Abschnitte fassen die Informationen zusammen, die zu den Mengen über die einzelnen Sammelwege verfügbar sind.

[7] Hier kann es sich auch um Produktionsabfälle handeln.

3.6.2 Mengen aus den Sammelstellen des Einzelfachhandels

Die Sammlung von Altlampen durch den Handel erfolgt als freiwilliges System gemäß § 9 Abs. 8 ElektroG.

Im Jahr 2011 bestanden 4.316 Sammelstellen im Handel (Lightcycle Geschäftsbericht 2011 S. 7).

Darüber hinaus bestanden Sammelpunkte von anderen Systemen, wie z. B. 150 Sammelstellen von take-e-way (take-e-way pers. com. 2012).

Die Mengen wurden teilweise an internen Punkten konsolidiert, bevor sie an den Übergabestellen von den Transporteuren übernommen wurden. Teilweise erfolgte auch eine Übergabe an die Sammelstellen der örE.

Angaben zu Mengen aus den Lightcycle Boxen beim Handel konnten von Lightcycle nicht gemacht werden. Die Boxen sind für eine durchschnittliche Menge von 150 GEL (Ludwig pers.com. September 2012) ausgelegt. Im Gespräch mit Lightcycle (Ludwig pers.com. September 2012) wurde grob geschätzt, dass

- bei 75 % der Sammelstellen im Handel die Boxen einmal pro Jahr geleert werden,
- bei 20 % zwei bis dreimal pro Jahr und
- bei 5 % mehr als dreimal pro Jahr.

Hieraus ergäben sich ca. 150 bis 180 t/a bei einem Gewicht von 100 bis 120 g/Lampe. Auch wenn davon ausgegangen würde, dass alle Boxen zehnmal pro Jahr geleert würden, ergäbe sich eine Menge von lediglich 600 bis 720 t/a. Dies entspricht einem Anteil von <8 % der in 2011 gesammelten Jahresmenge[8].

3.6.3 Mengen aus der kommunalen Sammlung

Die kommunale Sammlung erfolgt gemäß § 9 Abs. 4 ElektroG.

Die Menge der gesammelten Altlampen betrug im Jahr 2011 2.282 t, die Anzahl der Abholungen von kommunalen Sammelstellen betrug 1.690 (Lightcycle Geschäftsbericht 2011), entsprechend 1,35 t pro Abholung. Hierin enthalten sind auch Mengen aus Anlieferungen aus dem Handwerk, dem Handel und dem Kleingewerbe.

Über die Formen der Sammlung von Altlampen bei Wertstoffhöfen liegt keine flächendeckende Erhebung vor. Der Verband kommunaler Unternehmen e. V. Abfallwirtschaft und Stadtreinigung VKS berichtet, dass die Art der Sammelbehälter und die Handhabung unterschiedlich sind (teilweise Einlegen der Altlampen durch die Endnutzer, teilweise durch Personal, teilweise beaufsichtigte Sammelbox, teilweise unbeaufsichtigt) (Auricht 2012).

[8]Lightcycle betont, dass eine solche Rechnung aus ihrer Sicht auf zu vagen Zahlen basiert (Lightcycle pers.com. 4.12.2012).

3.6.4 Andere Sammelstellen für Kleinmengen

Für andere Sammelsysteme liegen nur eingeschränkt nutzbare Informationen vor, da nicht sicher ist, dass alle Systeme im Rahmen dieser Studie identifiziert werden konnten. Bei dem System von take-e-way liegen Angaben aus dem Jahr der Einführung des Systems vor.

3.6.5 Elektrohandwerk

Angaben zu den über das Elektrohandwerk gesammelten Mengen sind nicht verfügbar (ZVEH pers.com. 2012). Lightcycle berichtet, dass in 2011 „über 500 aktiv beworbene Sammelstellen in elektrohandwerklichen Betrieben“ entstanden sind (Lightcycle Geschäftsbericht 2011).

Interseroh bietet Handwerksbetrieben die Entsorgung von Altlampen über eine Versandlösung an. Mengenangaben liegen nicht vor.

3.6.6 Großhandel

Lightcycle berichtet, dass an „rund 120 Standorten“ Altlampen zurückgenommen werden (Lightcycle Geschäftsbericht Bericht 2011). Mengenangaben sind nicht verfügbar.

3.6.7 Großanfallstellen

Bei Großanfallstellen erfolgt eine nutzerindividuelle Rücknahme entsprechend § 10 Abs. 2 Satz 2 ElektroG. Von Großanfallstellen, bei denen mehr als 1 t/a (entsprechend 5.000 Lampen (Lightcycle 2009)) anfallen, holen die Transporteure des Lightcycle Systems direkt ab. Im Jahresbericht 2007 wurden 612 Großanfallstellen genannt. Die geforderte jährliche Mindestsammelmenge pro Anfallstelle wurde seit 2006 um 50 Prozent gesenkt (Lightcycle 2009).

Die Anzahl der Abholungen von freiwilligen Sammelstellen und gewerblichen Großverbrauchern betrug im Jahr 2011 3.159 (Lightcycle 2011). Angaben zu den Einzelbereichen liegen nicht vor. Für das Jahr 2007 wird die Menge aus der Rücknahme von Großanfallstellen mit 11,54 Millionen Stück angegeben (Lightcycle 2007). Dies entspricht einer Gewichtsgrößenordnung von 2.000 t.

3.7 Finanzierung der Entsorgung

Generell sind nach ElektroG die Hersteller und entsprechend sonstige Verpflichtete für die Entsorgung der von ihnen in Verkehr gebrachten GEL und auch LEDs verantwortlich. Die Sammlung von Altlampen aus privaten Haushalten und vergleichbaren Quellen bei den örE wird über Abfallgebühren finanziert. Die Abholung bei den örE und dem Handel, die Behandlung und die Verwertung finanzieren die Hersteller im Rahmen ihrer Produktverantwortung.

Die Rücknahme im Lightcycle-System (siehe oben) erfolgt über ein herstellerfinanziertes „Rentenmodell“, bei dem die neu in-Verkehr-gebrachten Lampen die Entsorgung der Altlampen finanzieren. Mit einem Ansteigen der Altlampenmengen werden die spezifischen Entsorgungskosten, die mit den Neulampen erhoben werden, im Laufe der Zeit steigen.

3.8 Abfallpotenzial

3.8.1 Methodik

Im Rahmen des Forschungsberichtes Sander/Wagner (2011) wurden verschiedene Möglichkeiten zur Bestimmung des Abfallpotenzials beschrieben.

Derzeit besteht noch keine Datengrundlage, die eine methodisch und datenbezogen unzweifelhafte oder konsensbasierte Bestimmung des Abfallpotenzials ermöglicht. Als wesentliche Datenschwächen sind zu nennen, dass Daten zu den iVgM über mindestens 15 Jahre[9] nach Stückzahl und Gewicht nur lückenhaft zur Verfügung stehen und statistisch abgesicherte Informationen über die Verweildauer der Lampen bei den Endverbrauchern in Form von Verteilungskurven je Herkunftsbereich für Deutschland fehlen.

3.8.2 Verweildauern

Lightcycle geht derzeit davon aus, dass die Altlampen nach einer Verweildauer von durchschnittlich 10 Jahren in die Entsorgung gelangen (Lightcycle pers.com. November 2012). Aufgrund des Fehlens von Verteilungskurven für das Alter von Altlampen kann daher auf dieser Datengrundlage die iVgM von vor 10 Jahren bei der Abfallpotenzialbestimmung berücksichtigt werden.

Das französische Sammelsystem Recylum (2011a) nennt ein durchschnittliches Alter der Altlampen von 6 Jahren und zeigt auch eine Altersverteilungskurve (siehe Abbildung 17 unten).

[9] Dies ergibt sich aus den Untersuchungen des laufenden UBA-Forschungsprojektes ReStra (2012), nachdem für die Berechnung des Abfallpotenzials im Idealfall eine Zeitspanne berücksichtigt werden sollte, die das 1,5-fache der durchschnittlichen Verweildauer beträgt. Nach Angaben von Lightcycle beträgt die durchschnittliche Verweildauer von Gasentladungslampen 10 Jahre.

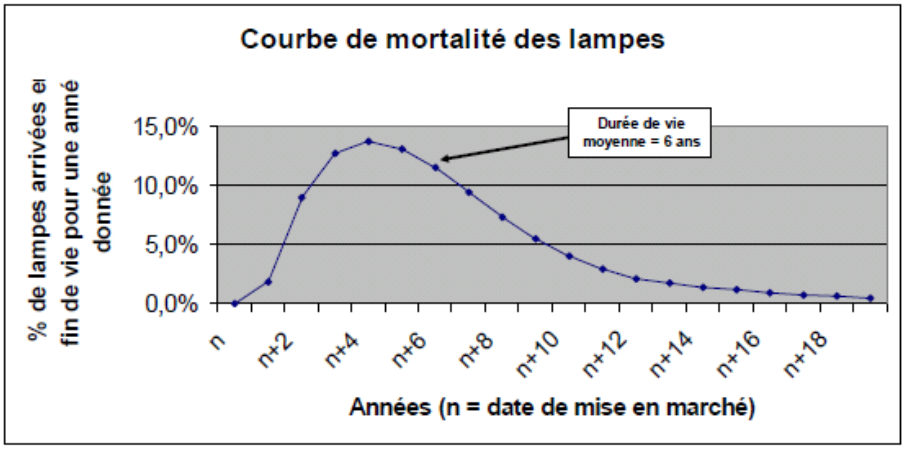


Abb. 17: Altersverteilungskurve von Altlampen in Frankreich (Recylum 2011a)

Eine Erklärung für mögliche unterschiedliche Altersverteilungen in Deutschland und Frankreich ist nicht bekannt. In der Schätzung des Abfallpotenzials werden für das Bezugsjahr 2011 als Abfallanfalljahr daher in diesem Bericht die durchschnittlichen Alter der Altlampen von 10 und 6 Jahren betrachtet.

3.8.3 In-Verkehr-gebrachte Menge

Für das Jahr 2001 liegen Angaben von EUROSTAT zu den importierten und exportierten Stückzahlen für Deutschland vor[10]. Aufgrund der geringen Anzahl von inländischen Produzenten wurden keine Angaben zu den inländischen Produktionsmengen veröffentlicht. Im Bericht Sander/Wagner (2011) erfolgte daher eine Rückrechnung der in Deutschland iVgM aus den europäischen Mengen auf der Grundlage der Anzahl von Haushalten. Die verfügbaren Angaben von EUROSTAT für Deutschland allein zu den Importen übersteigen allerdings die Ergebnisse dieser Rückrechnung. Die (unvollständigen) EUROSTAT-Angaben zu Deutschland ergeben eine systematische Unterschätzung des Abfallpotenzials, die jedoch wahrscheinlich geringer ist, als die Fehlerwahrscheinlichkeit aus der Rückrechnung der EU-Werte.

[10] Hierbei wurden Informationen aus der Datenbank PRODCOM (Production Communautaire) genutzt. Dabei handelt es sich um eine Liste von Produkten für eine europäische Produktionsstatistik, bei der die Klassifikation der Produktion entsprechend dem Harmonisierten System (HS) und der Kombinierten Nomenklatur (KN) erfolgt. Die Daten werden seit 1995 an das Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften geliefert.

Tab. 6: 27401510 - Leuchtstoff-Heißkathodenentladungslampen, mit doppelseitigen Kappen (ohne UV-Lampen) - iVgM (in Stück) in Deutschland (Quelle: EUROSTAT Prodcom)

Legende
0 Weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null
: Nicht verfügbar

Jahr	Produktion	Import	Export	Scheinbarer Verbrauch
2000	219.557.414	63.164.596	0	282.722.010
2001	218.391.826	64.568.744	0	282.960.570
2002	219.942.970	54.857.655	0	274.800.625
2003	215.965.677	62.013.664	0	277.979.341
2004	220.129.039	58.595.764	0	278.724.803
2005	236.521.172	70.164.810	0	306.685.982
2006	242.908.816	87.435.998	0	330.344.814
2007	231.758.777	69.671.625	0	301.430.402
2008	214.538.092	58.594.418	0	273.132.510
2009	161.680.270	60.308.221	0	221.988.491
2010	191.759.143	56.464.529	0	248.223.672
2011	193.673.056	60.487.009	0	254.160.065

Tab. 7: 27401530 - Leuchtstoff-Heißkathodenentladungslampen, (ohne UV-Lampen und Lampen mit doppelseitigen Kappen) - iVgM (in Stück) in Deutschland (Quelle: EUROSTAT Prodcom)

Legende
0 Weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null
: Nicht verfügbar

Jahr	Produktion	Import	Export	Scheinbarer Verbrauch
2000	:	65.215.980	0	:
2001	:	58.838.910	0	:
2002	:	53.847.707	0	:
2003	:	57.148.845	0	:
2004	:	69.021.518	0	:
2005	:	90.602.029	0	:
2006	:	98.198.136	0	:
2007	:	138.872.240	0	:
2008	:	155.179.518	0	:
2009	32.882.610	156.182.565	0	189.065.175
2010		152.703.974	0	
2011		121.337.187	0	

Tab. 8: 27401550 - Andere Entladungslampen (ohne UV-Lampen) - iVgM (in Stück) in Deutschland (Quelle: EUROSTAT Prodcom)

Legende
0 Weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null
: Nicht verfügbar

Jahr	Produktion	Import	Export	Scheinbarer Verbrauch
2000	:	45.595.956	0	
2001	5.724.349	63.954.508	0	69.678.857
2002	57.079.833	62.149.672	0	119.229.505
2003	7.381.693	69.592.057	0	76.973.750
2004	8.545.900	62.837.638	0	71.383.538
2005	7.777.563	34.553.348	0	42.330.911
2006	10.808.202	47.791.220	0	58.599.422
2007	9.855.758	63.398.625	0	73.254.383
2008	27.555.392	83.576.685	0	111.132.077
2009	20.897.894	78.078.245	31.555.940	67.420.199
2010	27.135.159	85.572.160	20.842.972	91.864.347
2011	:	95.203.035	16.896.654	

Mit Beleihungsbescheid vom 06. Juli 2005 hat das Umweltbundesamt der stiftung ear hoheitliche Aufgaben aus dem ElektroG übertragen. Dies umfasst unter anderem die Erfassung der in Verkehr gebrachten Mengen von Elektrogeräten und die Meldung der jährlichen Mengenströme an das Umweltbundesamt. Gemäß § 13 ElektroG sind Hersteller elektrischer und elektronischer Geräte verpflichtet, der Gemeinsamen Stelle regelmäßig die Mengen an Geräten zu melden, die sie erstmals in Verkehr gebracht haben. Der in die Mengenermittlung einzubeziehende Lieferumfang wird bestimmt durch die Festlegungen der jeweils zuständigen Produktbereiche. Dies waren zunächst Stückzahlen und sind zukünftig Gewichtsangaben.

Tab. 9: IVgM von quecksilberhaltigen Gasentladungslampen nach stiftung ear in Deutschland (Stückzahl) (Quelle: stiftung ear)

2006	2007	2008	2009	2010	2011
132.561.316	138.304.799	170.163.708	164.625.157	176.998.323	174.010.030

Im Gespräch mit Herstellern von quecksilberhaltigen Lampen und mit Lightcycle wurde durch diese betont, dass die Datenmeldungen an die stiftung ear und an die statistischen Ämter unterschiedliche Hintergründe haben und daher auch einen unterschiedlichen Zuschnitt. Neben der iVgM, wie sie der stiftung ear gemeldet werden, sind bei den statistischen Ämtern unter anderem auch Lagerbestände und Re-Importe von Belang. Auch wurde in den Gesprächen vermutet, dass Doppelzählungen durch vielstufige Distributionswege in den EUROSTAT-Zahlen enthalten seien und diese somit einen systematischen Fehler aufweisen. Zudem bestehe die Möglichkeit, dass teilweise Exporte von den Distributoren nicht gemeldet werden und dass möglicherweise Importeure auch Produktmengen melden, die eigentlich nicht zu den untersuchten Schlüsseln gehören.

Im Gespräch mit dem Statistischen Bundesamt wurde es als unwahrscheinlich bezeichnet, dass durch solche Punkte ein Fehler in der vorliegenden Größenordnung (Faktor 2,9) begründet werden könne (pers. com. DESTATIS 4.12.2012).

Die Größenordnung der Abweichungen zwischen den Angaben von EUROSTAT und der stiftung ear waren im Rahmen des Projektes und auch in nachlaufenden Gesprächen, die durch das UBA organisiert wurden, nicht aufzuklären. Es wurde jedoch offensichtlich, dass hier deutlicher Klärungsbedarf besteht und möglicherweise auch ein Potenzial für eine Minimierung von administrativen Aufwendungen durch die Synchronisierung der Meldemengen.

3.8.4 Abfallpotenzial - Szenarien

Für das Jahr 2009 liegen von EUROSTAT auch Angaben zu den Stückzahlen vor, die in Deutschland produziert wurden.

Die stiftung ear nennt als iVg Stückzahlen im Jahr 2009 164.625.157 Stück. EUROSTAT nennt für die PRODCOM Schlüssel 27401510 (Leuchtstoff-Heißkathodenentladungslampen, mit doppelseitigen Kappen (ohne UV-Lampen)), 27401530 (Leuchtstoff-Heißkathodenentladungslampen, (ohne UV-Lampen und Lampen mit doppelseitigen Kappen)) und 27401550 (Andere Entladungslampen (ohne UV-Lampen)) 478.473.865 Stück. Die stiftung ear- Zahlen entsprechen also ca. 35 % der Menge von EUROSTAT.

Da die stiftung ear erst ab 2005 Daten erfasst, sind hier keine Angaben zu den iVgM der Jahre von 2001 bis 2005 vorhanden. Deshalb werden in einem Szenario die Mengen auf der Basis der EUROSTAT-Angaben zurückgerechnet (EUROSTAT-Menge x 0,35). Es wird allerdings ausdrücklich angemerkt, dass dies nicht als wissenschaftlich belastbare Methodik angesehen wird. Diese Methodik könnte nur dann als (zumindest eingeschränkt) belastbar angesehen werden, wenn es sich um eine systematisch bedingte Differenz handelt, die sich zwischen 2001 und 2009 gleichbleibend wiederholt. Ein Beleg hierfür konnte aus den Gesprächen mit den Beteiligten der Datenströme nicht gewonnen werden.

Die Angaben zu den iVgM liegen bei EUROSTAT nur als Stückzahlen vor und die Entsorgungsmengen nur als Gewichte. Die Umrechnung von Stück in Gewicht führt zu einer weiteren Datenunsicherheit.

In Deutschland wurden von insgesamt 3 Anlagen 14.900 t GEL aus inländischen Quellen behandelt. Der Anteil an Leuchtstoffröhren im Input betrug z. B. im Jahr 2006 84 %, der Anteil von Sonderformen 16 %. Dies stimmt relativ gut mit den Mengenverhältnissen bei EUROSTAT überein (EUROSTAT Importe KLL: 23 %, Importe minus Exporte plus Produktionsmenge LR: 77 %). Angaben für die Verhältnisse bei den Mengen nach stiftung ear liegen nicht vor.

Tab. 10: Abfallpotenzial nach verschiedenen Datengrundlagen und Szenarien (Bezugsjahr 2011, Angaben in t)

Basis der Berechnung	Szenario	Abfallpotenzial (t)
Basis EUROSTAT Verweildauer 10 Jahre (Basis ist daher die iVgM in 2001)	Summe Szenario leicht (KLL 0,134 g, LR 0,22 g)	70.153
	Summe Szenario schwer (KLL 0,162 g, LR 0,311 g)	97.440
Basis stiftung ear Verweildauer 10 Jahre (die iVgM in 2001 wurde zurückgerechnet als 35 % der EUROSTAT-Mengen; Anmerkung: Die zur Ableitung angewandte Methodik wird als wissenschaftlich nicht belastbar eingeschätzt)	Summe Szenario leicht (KLL 0,134 g, LR 0,22 g)	24.554
	Summe Szenario schwer (KLL 0,162 g, LR 0,311 g)	34.104
Basis EUROSTAT Verweildauer 6 Jahre (Basis ist daher die iVgM in 2005)	Summe Szenario leicht (KLL 0,113 g, LR 0,18 g)	65.476
	Summe Szenario schwer (KLL 0,137 g, LR 0,258 g)	91.672
Basis stiftung ear Verweildauer 6 Jahre – iVgM in 2005 zurückgerechnet als 35 % der EUROSTAT-Mengen (Anmerkung: die zur Ableitung angewandte Methodik wird als wissenschaftlich nicht belastbar eingeschätzt)	Summe Szenario leicht (KLL 0,113 g, LR 0,18 g)	22.917
	Summe Szenario schwer (KLL 0,137 g, LR 0,258 g)	32.085

3.9 Quecksilberhaltige Lampen im Restabfall

Sortieranalysen werden durchgeführt, um beispielsweise im Zusammenhang mit Anlagenplanungen, Abfallwirtschaftskonzepten oder geplanten Modifizierungen in der Abfallerfassung Aussagen über die Zusammensetzung ausgewählter Abfallarten treffen zu können.

Im vorliegenden Fall wurden der Restabfall und getrennt erfasste Wertstoffe[11] in einer deutschen Großstadt mit ca. 600.000 Einwohnern analysiert und für das vorliegende Vorhaben der Anteil an GEL und LED erfasst.

In einem vorher festgelegten Untersuchungsgebiet wurden hierfür Stichprobengebiete mit vier unterschiedlichen Bebauungsstrukturen ausgewählt. Die Bebauungsstruktur spiegelt die Wohndichte in Verbindung mit spezifischen Abfallsammelsystemen wider. Im Untersuchungsgebiet wurden vier Abstufungen beginnend von der dichten Mehrfamilienhausbebauung mit überwiegend 1.100 l-Abfallbehältern bis zu Ein- und Zweifamilienhausbebauungen mit überwiegend kleinvolumigen Abfallbehältern für Restabfall und getrennt erfasste Wertstoffe betrachtet. Für die Darstellung der durchschnittlichen Menge im Gesamtgebiet (gesamte Stadt) erfolgt eine gewichtete Hochrechnung auf Basis der jeweiligen Einwohneranteile in den einzelnen Bebauungsstrukturen.

Zur Abfallanalyse wurden die Abfälle gegliedert nach Abfallart und Bebauungsstruktur am Tag der regulären Entsorgung in den Stichprobenahmegebieten eingesammelt. Die Sortierung der Abfälle erfolgte händisch in vorgegebene Fraktionen.

[11] Herkömmlich getrennt erfasste Leichtverpackungen (grüner Punkt/gelbe Tonne) zuzüglich aller stoffgleichen Nichtverpackungen – jedoch ohne Elektro- und Elektronikschrott.

Über den Zeitraum von zwei Kampagnen im Frühjahr und Sommer 2012 wurden 3.042 kg Restabfall und 940 kg getrennt erfasste Wertstoffe sortiert.

Im Restabfall wurden eine Energiesparlampe und der Bruch einer Leuchtstoffröhre (in Beutel abgefüllt) mit einem Gesamtgewicht von 152 g ermittelt. Dies entspricht einem Anteil von 0,005 % der Restabfallmenge. Hochgerechnet auf das Betrachtungsgebiet ergibt sich eine einwohnerspezifische Menge an Energiesparlampen und Leuchtstoffröhren von 0,0056 kg/(E*a) bzw. 0,077 GEL/(E*a). Neben der einen Energiesparlampe wurden noch acht „herkömmliche" Glühlampen gefunden.

Insgesamt betrug der Elektro- und Elektronikschrottanteil im untersuchten Restabfall weniger als 1 %.

In den getrennt erfassten Wertstoffen wurde keine Energiesparlampe ermittelt.

Es wurden vier LED mit einem Gesamtgewicht von 185 g inklusive Beleuchtungskörper gefunden. Hochgerechnet auf das gesamte Betrachtungsgebiet entspricht dies einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 0,004 kg/(E*a) bzw. 0,085 LED/(E*a) für die gefundenen LED-Lampen in den getrennt erfassten Wertstoffen. Insgesamt betrug der Elektro- und Elektronikschrottanteil in den getrennt erfassten Wertstoffen 1,3 %.

Bei herkömmlichen Abfallanalysen werden im Normalfall keine diesbezüglichen Erhebungen vorgenommen, sodass in der Literatur keine Datenlage gegeben ist.

Bei Sortieruntersuchungen in Bayern im Zeitraum 2011-2012, welche 1,38 Mio. Einwohner repräsentieren, wurden 0,16 GEL/(E*a) ermittelt (bifa 2012).

Rechnet man die einwohnerspezifischen Zahlen hoch auf die Bevölkerung der Bundesrepublik (81,903 Mio., Stand 30.06.2012) kommt man auf eine Gesamtmenge von 6,3 bzw. 13,1 Mio. GEL im Restabfall. Allerdings ist diese Hochrechnung aufgrund teilweise nicht vorhandener Repräsentativität nur bedingt belastbar.

3.10 Exkurs - Sammlung von Altlampen in Frankreich

Im Bericht zur Entsorgung von quecksilberhaltigen Altlampen aus dem Jahr 2011 (Sander/Wagner 2011) wurden einige Sammelsysteme aus dem europäischen Ausland vorgestellt. Im folgenden Abschnitt wird dies durch das Beispiel Frankreich ergänzt.

In Frankreich wird die Sammlung von quecksilberhaltigen Altlampen von der Organisation Recylum durchgeführt, die von Lampenherstellern gegründet wurde. Es gibt mehr als 21.000 Sammelstellen in Frankreich unter anderem beim Einzelhandel, Recyclinghöfen und Großhändlern. Den Großteil dieser Sammelstellen macht der Einzelhandel mit 14.000 Stellen aus.[12] Zusätzlich hat Recylum direkte Vereinbarungen mit 1.680 Organisationen, die mit großen Mengen an Beleuchtungsmitteln umgehen, wie z. B. der Industrie, Administrationen oder Elektroinstallateuren. Weiterhin können Lampen auch bei nicht direkt angeschlossenen Lampenverkaufsstellen abgegeben werden.

[12]Stand Ende 2011.

Die Behälter, in denen die Lampen gesammelt werden, sind an die Sammelstelle sowie an die Menge und die Art der zu sammelnden Lampen angepasst (siehe Abbildungen weiter unten). Die vollen Lampenbehälter werden von Transportunternehmen aus den 13 Sammelzonen Frankreichs abgeholt und zur Umsortierung gebracht. Danach werden die Lampen in eine der vier vertraglich gebundenen Anlagen in Frankreich und Belgien zur weiteren Behandlung gesandt. Zwei dieser Anlagen behandeln nur Leuchtstoffröhren und zwei ebenfalls andere Lampenformen.

Finanziert wird das System über eine Recyclingabgabe (Écocontribution) von 0,12 € pro in-Verkehr-gebrachter Lampe, die Recylum den Lampenherstellern in Rechnung stellt. Für LED beträgt die Recyclingabgabe 0,10 € pro Lampe.

Jedes Jahr nimmt Recylum eine repräsentative Probe von mehr als 25.000 Altlampen aus den Sammelcontainern aller an der Lampensammlung beteiligten Institutionen. Jede Lampe wird nach Herkunft, Lampentyp, Hersteller, Gewicht und Datum der Herstellung klassifiziert und ausgewertet.

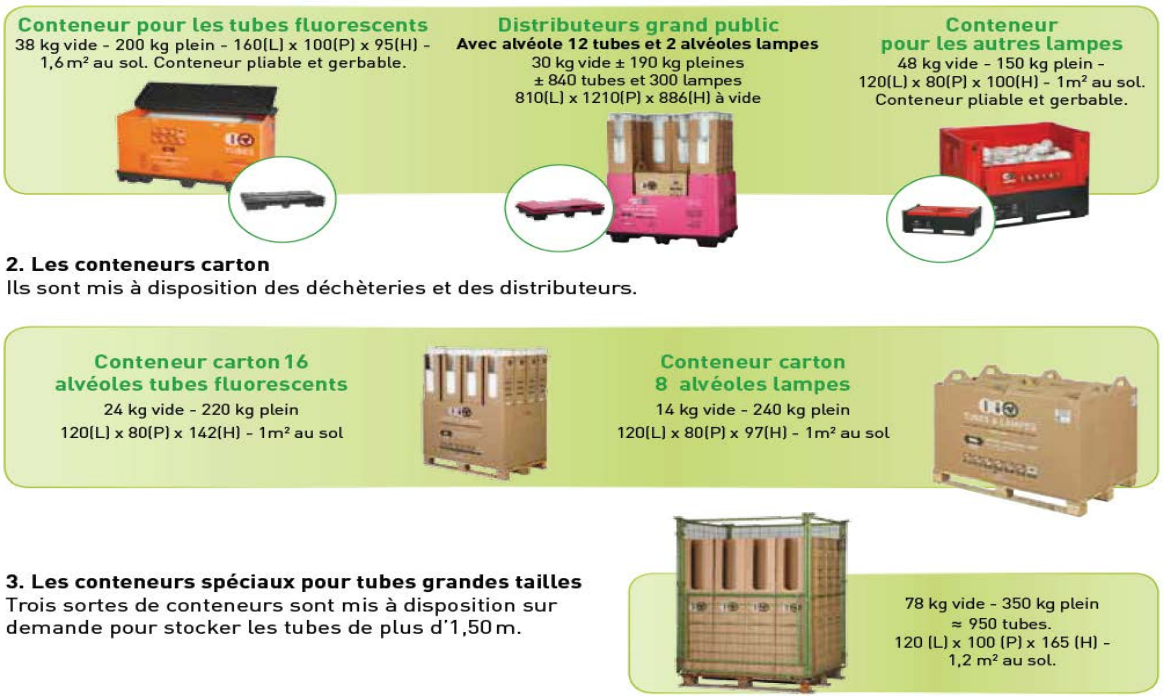


Abb. 18: Verschiedene Arten von Lampensammelbehältern von Recylum

3.11 Transport von GEL ab Übergabestelle der örE bzw. Konsolidierung des Handels

Im Rahmen der Rücknahme hat Lightcycle nach vorliegender Rechercheerkenntnis den höchsten Transportanteil. Gegenstand des folgenden Abschnitts sind deshalb die im Auftrag von Lightcycle betriebenen Transportsysteme.

3.11.1 Fahrzeugtechnik und Personal

Als Transportfahrzeuge werden beplante Pritschenwagen mit Ladebordwand eingesetzt. Je nach Entfernung zur Behandlungsanlage und dem Touraufkommen fährt das Fahrzeug solo oder mit Anhänger. Die Ladekapazität beträgt bei Stapelung von 2 Paletten übereinander in etwa 20 Paletten (solo) bzw. 40 Paletten (Lastzug).

Abb. 19: Verwendete Transporttechnik/Ladungssicherung (Bildquelle: INTECUS)

Die Seitenwände und das Dach der Ladefläche sind regendicht mit Plane abgedeckt. Dies ermöglicht die Belüftung der geladenen Paletten während der Fahrt, sodass auch bei Lampenbruch während des Transportes keine hohen Quecksilberkonzentrationen bei der Be-/Entladung zu erwarten sind.

Die Fahrzeuge verfügen über die für den schonenden Transport bruchempfindlicher Güter besonders gut geeignete Luftfederung.

In 4 von 5 der von Lightcycle definierten Entsorgungsgebiete übernehmen die Behandler auch den Transport, also die Abholung der bei den örE und im Einzelhandel bereitgestellten Behälter. Die Minimierung des Bruchanteils ist daher nicht "nur" eine Forderung seitens des ElektroG. Es liegt auch im Interesse des Behandlers, da für eine hochwertige Behandlung der Gasentladungslampen, insbesondere der Leuchtstoffröhren mit dem Kapp-Trenn-Verfahren, die äußerliche Unversehrtheit Voraussetzung ist.

Es werden während der Touren ausschließlich Gasentladungslampen geladen, sodass durch entstehenden Glasbruch eine Quecksilberkontamination anderer Transportgüter ausgeschlossen werden kann.

Das Transportpersonal ist auf den Transport von Gasentladungslampen spezialisiert und verfügt über die nötigen Kenntnisse und Erfahrungen.

3.11.2 Umladung

Es werden von den untersuchten Transporteuren keine Umladeanlagen betrieben.

Verbreitet ist die Konsolidierung der Lampen vor Übergabe an den Transporteur an den kommunalen Übergabestellen und gewerblichen Sammelstellen. Dies ist nach den gesetzlichen Regelungen nicht als Umladung definiert. Erkenntnisse zur Konsolidierung bei den örE fließen in die folgenden Kapitel mit ein.

3.11.3 Organisation

Die Organisation des Transportes (Abholung) der Gasentladungslampen verläuft allgemein reibungslos, die Zusammenarbeit zwischen Übergabestellen, Sammelstellen, Lightcycle, stiftung ear und Transporteuren ist eingespielt. Da die Behandler fast überall auch als Transporteure fungieren, gibt es an dieser Stelle keine Schnittstellenprobleme. Die eingesetzten Behälter (Rungenpaletten und Gitterboxen) lassen bei richtiger Handhabung keine für die Abwicklung des Transportes grundlegenden Probleme, auch nicht hinsichtlich der Bruchgefahr, erkennen.

Seitens der Transporteure wird die kurze Zeit von der Abholanordnung durch die stiftung ear bis zur spätestmöglichen Abholung (4 Werktage) kritisiert. Dies ist aus wirtschaftlichen Erwägungen und der Zielstellung eines geringen CO_2-Ausstoßes für den Transport nachvollziehbar. Da ein Großteil der Sammel-/Übergabestellen nur einige wenige Male pro Jahr angefahren wird, besteht die Gefahr von weiten Einzelfahrten für nur kleine Mengen.

Es besteht also ein Zielkonflikt zwischen möglichst wenigen Abholvorgängen, die allerdings aufgrund der kurzen Fristen eine überdurchschnittlich lange Anfahrt und geringe Auslastung der Fahrzeugtechnik verursachen können und einer höheren Anzahl an Abholvorgängen, die zwar eine geringere Sammelmasse je Abholvorgang bedingen, aber durch logistisch sinnvolle Eingliederung in Sammeltouren kürzere Anfahrten und eine bessere Auslastung der Transporttechnik ermöglichen. Einige Akteure empfahlen daher die teilweise Loslösung der logistisch und wirtschaftlich sinnvollen und funktionierenden Transportpraxis von den wenig flexiblen gesetzlichen Bestimmungen zur Mindestabholmenge und den Abholfristen. Die gesetzlich vorgeschriebene Behältergestellung sei unflexibel und entspräche in vielen Fällen nicht den tatsächlich anfallenden Lampenmengen. Teils wurden bei den Begehungen weniger als 3 m^3 Behältervolumen (z. B. 1 Rungenpalette + 2 Gitterboxen) vorgefunden. Teilweise stellen Transporteur oder Übergabestelle zusätzliche Behälter bereit.

3.11.4 Bereitstellung/Abholung

Die Abholung der gefüllten Paletten erfolgt unabhängig vom Status der Sammel-/ Übergabestelle in der Regel im Wechselverfahren, d. h., für jede abgeholte Palette wird eine nach Art und Größe identische leere Palette durch den Transporteur aufgestellt. Der Transporteur ist Eigentümer der Paletten.

Vor der Beladung erfolgen eine Sicherung des (Rungen-)Paletteninhalts mittels Stretchfolie (siehe Abbildung 20) und eine Etikettierung jeder Palette zur Nachverfolgung (Abbildung 21).

Erfahrungsgemäß sind drei Lagen der Stretchfolie vonnöten, um eine ausreichende Ladungssicherung zu gewährleisten.

Abb. 20: Ladungssicherung mit Stretchfolie (Bildquelle: INTECUS)

Anmerkung: Auf der Abbildung sind gefüllte Spezialpaletten zu sehen, die kleiner als Rungenpaletten und aufgrund ihres starren Metallrahmens stabiler gebaut sind. Deshalb ist für diesen Behältertyp während des Transportes Dreifachstapelung im Gegensatz zur Rungenpalette unproblematisch

Abb. 21: Etikettierung (Bildquelle: INTECUS)

Soweit der Betreiber der Sammel-/Übergabestelle über einen Gabelstapler verfügt (dies ist – mit Ausnahme der Kleinsammelstellen und in regional unterschiedlicher Ausprägung – bei deutlich über 50 % der Sammel-/Übergabestellen der Fall), wird der Transporteur in der Regel bei der Beladung unterstützt. Ansonsten erfolgt die Beladung durch Hubwagen.

Im Falle der Unterstützung der Beladung mittels Gabelstapler beschränkt sich diese in der Regel auf die Stapelung gleichartiger Paletten und das Abstellen der zur Abholung bestimmten Paletten auf der Ladebordwand (Abbildung 22). Die Aufstellung der Paletten auf der Ladefläche und die Ladungssicherung erfolgen durch das Transportpersonal per Handhubwagen.

Besonders wichtig ist die Unterstützung durch einen Gabelstapler bei der Stapelung der Paletten, da der mitgeführte Hubwagen für diesen Vorgang in Kombination mit der Ladebordwand zwar prinzipiell infrage kommt, aber nur als Notlösung anzusehen ist (Abbildung 23): Die Stapelung von Rungenpaletten mittels Hubwagen und Ladebordwand ist aufgrund der fehlenden Führung auf den Rungen und des damit verbundenen Risikos des Ineinanderfallens der Paletten prinzipiell abzulehnen.

Nach der Ladungssicherung werden die neu aufzustellenden Paletten montiert (nur Rungenpaletten) und aufgestellt. Wichtig ist hierbei, die Kette zur Fixierung zu schließen, da ein Schließen nach Befüllung der Palette nur unter hohem Bruchrisiko möglich ist.

Abb. 22: Unterstützung der Beladung mittels Gabelstapler durch Betreiber der Sammelstelle (Bildquelle: INTECUS)[13]

[13] Bei Nutzung des auf der Abbildung zu sehenden Ballenstaplers ist aufgrund der nur kraftschlüssigen Verbindung zwischen Stapler und Palette eine erhöhte Bruchgefahr gegeben.

Abb. 23: Behälterstapelung mittels Hubwagen und Ladebordwand (Bildquelle: INTECUS)

3.11.5 Entladung

Die Entladung der Paletten erfolgt durch den Behandler in der Behandlungsanlage per Gabelstapler.

Nach Verwiegung der einzelnen Paletten werden die Paletten im Lager gestapelt (maximal 3 übereinander).

Sofern eine Aussortierung von Fehlwürfen erfolgt, wird sie unmittelbar vor der Behandlung der Gasentladungslampen durchgeführt.

3.12 Minimierung des Bruchrisikos/Vermeidung von Fehlbefüllungen

3.12.1 Transport

Im Rahmen von Vor-Ort-Besuchen erfolgte eine Status Quo Betrachtung. Dabei wurde festgestellt, dass das Bruchrisiko für alle Lampentypen bei Beladung, Transport und Entladung systematisch bedingt (Behälter, Fahrzeugtechnik) und durch besonders geschultes Fachpersonal gering ist, sofern die Gasentladungslampen bei der Sammlung fachgerecht in die Sammelbehälter eingestapelt/eingelegt wurden. Falsche Behälterbefüllungen lassen sich durch das Transportpersonal im Nachhinein kaum korrigieren.

Lampenbruch wurde insbesondere in folgenden Fällen beobachtet:

- Stapelung der Paletten durch Ineinanderrutschen, insbesondere bei Rungenpaletten,
- Nicht mit Stretchfolie umwickelte Rungenpaletten und Berührung der herausragenden Enden der Leuchtstoffröhren mit Wänden oder anderen Paletten bei der Bewegung der Paletten (Be- und Entladung, Rangieren auf der Ladefläche),
- Nachträgliches Schließen der Fixierkette auf der Rungenpalette,
- Erschütterungen beim Transport, insbesondere, wenn auf der Rungenpalette bereits gebrochene Leuchtstoffröhren liegen und punktuell statt flächig Druck ausüben.

3.12.2 Befüllung – negative Praxisbeispiele

Im Zuge der Tourenbegleitung wurden mehrere Probleme bei der Erfassung identifiziert (siehe folgende Ausführungen). Eine prozentuale Einschätzung über die Menge der Sammel-/Übergabestellen, an denen eines oder mehrere dieser Probleme auftreten, ist nicht möglich. Es wird aufgrund eigener Erfahrungen im Rahmen der Analyse und der Begehungen bzw. Begleitungen und der Annahme, dass gesetzliche Regelungen (hier § 9 des ElektroG) allgemein umgesetzt werden, jedoch davon ausgegangen, dass diese Beispiele als Ausnahme zu betrachten sind.

Mangelhafte Information und Überwachung und deren Auswirkungen

In einem konkreten Fall war der Sammelplatz für die Gasentladungslampen über 100 m vom Standort des Fachpersonals der Sammelstelle entfernt und die direkte Sicht verstellt. So war eine spontane Nachfrage zum Einlegen der Gasentladungslampen durch anliefernde Bürger nicht möglich.

Die Gitterboxen waren mit Deckeln verschlossen. Die in Abbildung 24 gezeigte Box war nur zur Abholung durch den Transporteur geöffnet. Da das Inlay zur Ladungssicherung auch blickdicht ist, konnte die gängige Einlegepraxis nicht ohne Weiteres nachvollzogen werden.

Informationen, welche Lampenarten in welche Sammelbehälter einzulegen sind, waren nicht vorhanden (Abbildung 24).

Abb. 24: Sammelplatz mit mangelhafter Information (Rungenpalette und Bruchbehälter als weitere Sammeleinrichtungen werden unter der Überdachung hinter den Gitterboxen gelagert) (Bildquelle: INTECUS)

Die Leuchtstoffröhren wurden nicht bündig gestapelt, sodass viele Leuchtstoffröhren überstanden. In Ermangelung einer zweiten Rungenpalette wurde die bereits volle Palette weiter gefüllt (Abbildung 25).

Abb. 25: Schlechte Stapelung von Leuchtstoffröhren auf Rungenpaletten (Bildquelle: INTECUS)

Um das stapelbedingte Herausstehen von Leuchtstoffröhren zu vermeiden, sollte die Palette so aufgestellt sein, dass die Enden an der senkrechten Rückwand des Sammelplatzes anstoßen können. Dies ist dem Nutzer allerdings nur durch Information und Demonstration zu vermitteln.

Da die Gitterboxen verschlossen waren, wurde der Behälter für Lampenbruch in vielen Fällen als Sammelbehälter für Kompaktleuchtstofflampen identifiziert (Abbildung 26): Aufgrund mangelhafter Information, welche Lampenarten über das System erfasst werden, betrug hier die Fehlwurfquote über 30 Vol. %. Da aktuell die Fehlwurfmengen offiziell nicht erfasst werden, führt eine erhöhte Fehlwurfquote neben dem erhöhten Aufwand für die Nachsortierung auch zu Fehlern in der Aufkommensstatistik.

In den Gitterboxen wurden auch Transportbehältnisse abgestellt (Abbildung 26). Im Gegensatz zur Praxis an anderen Sammelstellen wurden kurze Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen unstrukturiert eingelegt.

Abb. 26: Fehlbefüllungen Gitterbox und Lampenbruchbehälter (Bildquelle: INTECUS)

Abbildung 27 zeigt eine gute Befüllung der Gitterboxen, welche Lampenbruch beim Transport minimiert.

Abb. 27: Gute Praxis zur bruchvermeidenden Befüllung der Gitterboxen (Bildquelle: INTECUS)

Unverschlossene Fixierung der Holme der Rungenpalette

Eine Voraussetzung für die Vermeidung von Lampenbruch auf Rungenpaletten ist das Schließen der Fixierkette bei Aufstellung der Palette (Abbildung 28) und die dauerhafte Beibehaltung.

Ist die Fixierung nicht geschlossen, besteht zum einen die Gefahr der Überfüllung der Palette, da für den Laien kein anderes Füllmaß zu erkennen ist, zum anderen kann durch die nachträgliche Schließung der Fixierung zum Zwecke der Ladungssicherung Lampenbruch entstehen.

Abb. 28: Geschlossene Fixierkette an einer Rungenpalette (Bildquelle: INTECUS)

Ungeeignete Behältergestellung

Stehen Rungenpaletten und Gitterboxen in einem für den Sammelplatz ungeeigneten Verhältnis zur Verfügung oder wird auf den Austausch der vollen Behälter nicht geachtet, besteht einerseits die Gefahr der Überfüllung, andererseits kann es zur missbräuchlichen Nutzung von Sammelbehältern (Abbildung 29) kommen.

Abb. 29: Missbräuchliche Nutzung einer Gitterbox (Bildquelle: INTECUS)

3.13 Eignung der Sammelbehälterformen

3.13.1 Leuchtstoffröhren

Nach wie vor wird die Zweckmäßigkeit der Sammelbehälter für Leuchtstoffröhren (Rungenpaletten vs. Leuchtstoffröhrenboxen (LR-Boxen)), insbesondere bei einzelnen örE diskutiert.

Als Hauptargumente für die LR-Boxen, bei denen es sich um feste, geschlossene Boxen bzw. Container handelt, die durch eine Klappe oder durch Türen befüllt werden, werden die (möglicherweise) höhere Lade- und Transportsicherheit und die mitgelieferte Bedachung genannt. Die Transporteure bevorzugen Rungenpaletten mit der Begründung, dass sie im Einkauf günstiger, effizienter zu laden, zu transportieren und zu entleeren sind und bei LR-Boxen möglicherweise eine erhöhte Gefahr von Fehlwürfen besteht.

Unter der Maßgabe, dass die Aufstellung und Befüllung der Transportbehälter fachmännisch oder zumindest unter Anleitung erfolgt, bestehen keine Bedenken für den aktuell praktizierten parallelen Einsatz beider Systeme. Werden Behälter unbeaufsichtigt befüllt, ist der Einsatz von Rungenpaletten aufgrund der transparenteren Befüllung, allerdings zwingend in Kombination mit einer zyklischen Prüfung und Nachjustierung der Ladung, zu bevorzugen.

Eine unbeaufsichtigte Befüllung von LR-Boxen durch den Bürger ist aufgrund des hohen Risikos von Fehlbefüllungen (aktuell vor allem Glühlampen, aber auch Lampen-/Leuchtensysteme oder branchenfremde Abfälle) ungeeignet[14]. Zum einen besteht bei Fehlwürfen aufgrund der anderen Form und Masse bei Befüllung und Transport ein stark erhöhtes Bruchrisiko. Zum Zweiten werden Fehlwürfe aktuell nicht getrennt erfasst, sodass sie statistisch zur Erhöhung der Erfassungsquote beitragen. Außerdem kann es durch Lampenbruch beim Transport durch die schlechte Belüftung zu einer hohen Quecksilberkonzentration kommen, die eine potenzielle Gefahr für die mit der Entladung der Box befassten Personen darstellt.

3.13.2 Kompaktleuchtstofflampen

Der Einsatz von Gitterboxen für die Erfassung und den Transport der Sonderformen wird nur vereinzelt infrage gestellt.

Häufig betreiben die örE nur eine Übergabestelle, aber eine Reihe von Erfassungsstellen, die meist mit kleineren Sammelbehältern unterschiedlichster Form und Größe ausgestattet sind. Die gefüllten örE-eigenen Sammelbehälter werden dann innerbetrieblich zur Übergabestelle gebracht und umgeladen.

Eine optimale praktische Lösung steht für die dezentrale Erfassung und nachfolgende Konsolidierung in Gitterboxen nicht zur Verfügung. Die Entleerung nicht-standardisierter Behälter in Gitterboxen, z. B. durch Kippen, ist angesichts des bereits im Behälter eventuell vorhandenen Bruchs und des hohen Bruchrisikos abzulehnen. Günstig wäre ein System, das das Stapeln der dezentral genutzten standardisierten Behälter z. B. auf Rungenpaletten ermöglicht. Dies würde

[14] Nachtrag August 2013: Durch die Neudefinition von „Lampe/Leuchte“ durch die stiftung ear müssen zukünftig auch GEL mit fest verbundener Leuchte in der Sammelgruppe 4 gesammelt werden.

die Umladung vor der Übergabe an den Transporteur vermeiden und die Behälter auf der Palette wären trotzdem stapelbar. Um die Errichtung zusätzlicher Überdachungen zu vermeiden, ist eine regendichte Box, z. B. aus Kunststoff, zu bevorzugen[15].

3.14 Behandlungsverfahren für GEL

In diesem Abschnitt werden die in Deutschland existierenden Behandlungsanlagen analysiert und die angewandten Techniken beschrieben.[16]

In Deutschland werden derzeit von vier Betreibern Verfahren zur Vorbehandlung von quecksilberhaltigen Lampen durchgeführt:

- ALBA (Baving) GmbH
- DELA GmbH
- eds-r GmbH
- LAREC GmbH

Die Firma ALBA Baving bezieht nach eigener Aussage keine quecksilberhaltigen Lampen aus dem Inland und stellte keine Informationen über ihren Betrieb zur Verfügung.

3.14.1 DELA GmbH

Die Firma DELA wurde am 7. Dezember 2012 besucht. Sie betreibt Anlagen an den Standorten Essen, Bad Oeynhausen und Dorsten. Der Standort Essen-Karnap soll Ende 2013 aufgegeben, die Aktivitäten komplett nach Dorsten verlegt werden (DELA 2012).

Die DELA GmbH transportiert Altlampen aus mehreren Lightcycle-Logistikgebieten Deutschlands.

---

[15] In der Praxis findet teilweise keine Überdachung im engen Sinne statt. Vielmehr wird in solchen Fällen eine Lösung mit Deckel als Überdachung akzeptiert. Für Kartonagen wäre aber zwingend ein Schutz vor seitlich eintretendem Niederschlags- und Spritzwasser vonnöten.

[16] Zur Klarheit werden im Bericht folgende Begrifflichkeiten verwendet:

- Behandlung bzw. Vorbehandlung: Stufe in der Entsorgungskette, in der die GEL in ihre Fraktionen separiert werden,
- Rückgewinnung: Stufe in der Entsorgungskette, in der Stoffe zurückgewonnen werden, die als Sekundärrohstoffe für in der Neuproduktion eingesetzt werden können; ggf. sind dabei noch Zwischenschritte zur Erhöhung der Reinheit der Stoffe notwendig.

Dabei sind die einzelnen Stufen teilweise nicht deckungsgleich mit Anlagen. Vielmehr kann (z. B. beim Natron-Kalk-Glas) auch in der Vorbehandlung eine direkt in der Neuproduktion einsetzbare Fraktion hergestellt werden. Ein Beispiel für mehrstufige Verfahren ist die Verwertung von Leuchtstoffen, die in der Vorbehandlung separiert werden und in nachgeschalteten Rückgewinnungsverfahren gereinigt, getrennt und aufkonzentriert werden, um sie in Produktionsprozessen als Sekundärrohstoff einzusetzen.

Die Behandlung erfolgt getrennt für Stabformen (Lampen, die auf Rungenpaletten angeliefert werden) und Sonderformen (Lampen, die in Gitterboxen angeliefert werden). Dabei werden die gleichen mechanischen Trennverfahren angewandt. Die Trennung erfolgt vor allem mit Blick auf die Zielfraktionen aus der Behandlung.

Leuchtstoffröhren

Die Beschickung der Glasbruchwaschanlage erfolgt durch die Aufgabe ganzer Leuchtstoffröhrenpaletten mittels Gabelstapler oder die manuelle Aufgabe einzelner ganzer Leuchtstoffröhren. Über dieselbe Einrichtung erfolgt auch die Aufgabe von Glasbruch aus Big-Bags von anderen Anlagen.

Ganze Lampen werden zunächst einem Brecher zugeführt und auf eine festgelegte Scherbengröße von ca. <25 mm zerkleinert. Hierdurch wird die Trennung von Kolbenglas und Endkappen erleichtert. Die gebrochenen Fraktionen werden in der Glasbruchwaschanlage gewaschen. In der Vibrationsrinne werden das Leuchtstoffpulver und anhaftendes Quecksilber abgetrennt. Das Leuchtstoffpulver und anhaftendes Quecksilber werden nach der Sedimentierung zentrifugiert. Der Schlamm wird in der Drehrohrdestillation (Dorsten) thermisch behandelt und so das Quecksilber separiert.

Natronkalkglas, Aluminiumkappen und Metallanteile werden nach der Vibrationsrinne gewaschen und durchlaufen weitere Trennstufen zur weiteren Separation.

Sonderformen

Die Verwertung von Glas der Sonderformen in der Herstellung neuer Lampen ist aufgrund der Unterschiede in den verwendeten Glaszusammensetzungen nicht möglich. Daher liegt der Fokus der Behandlung von Sonderformen neben der Abtrennung des Quecksilbers auf der Separierung der Metall- bzw. Mischfraktion.

Die Lampensonderformen werden direkt aus Gitter- oder Kunststoffboxen aufgegeben und in einer Hammermühle zerkleinert. Über eine Siebung erfolgt die Separation in die Fraktionen Metalle und Kunststoffe sowie in die Fraktion Mischglas. Die separierte Mischglasfraktion enthält ebenfalls noch Störstoffe wie Metall- oder Kunststoffteile.

Abluftbehandlung/Verwertungswege

Die Abluftreinigung erfolgt zunächst über einen Gewebefilter. Die Abluft aus der Halle und aus den Aufgabe- bzw. Behandlungsstationen wird gemeinsam in einem Aktivkohlefilter nachgereinigt. Der Wechselturnus des Filters liegt bei etwas mehr als 2 Jahren. Die beladenen Aktivkohlefilter werden entweder direkt beseitigt oder einer Behandlung in der Anlage in Dorsten zugeführt.

Natron-Kalk-Glas aus den Stabformen wird für die Neuproduktion von Lampen eingesetzt. Alukappen und andere Metalle werden in der Metallrückgewinnung verwertet. Die Leuchtstoffe aus den Lightcycle-Kontingenten werden nach einer Entfrachtung vom Quecksilber in der Anlage Dorsten an die Hersteller der Lampen übergeben. Ca. 1-3 % des Leuchtstoffröhren-Inputmaterials werden beseitigt (Deponie).

Glas aus den Sonderformen wird als Wege-/Konstruktionsmaterial auf Deponien eingesetzt.

Der Standort Essen ist als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert, der Standort Oeynhausen nach ISO 9001:2008 und 14001:2009 auditiert.

3.14.2 eds-r

Die Firma eds-r wurde am 12.10.2012 besucht. Die Behandlung von Leuchtstofflampen erfolgt bei der eds-r GmbH in den Recyclingzentren Nürnberg und Baar.

Leuchtstoffröhren

Leuchtstoffröhren werden manuell in die Aufgabe des Kapp-Trenn-Verfahrens eingelegt. Nach dem Abtrennen der Kappen werden die Röhren ausgeblasen. Das Glas wird anschließend gebrochen. Die Endkappen werden in einer anderen Separationslinie in die Fraktionen Mischglas und Mischmetall getrennt.

Das Leuchtstoffpulver wird über einen Filter aus dem Abluftstrom separiert.

Sonderformen

Sonderformen werden manuell in eine Anlage zur Trennung von Sockeln und Glaskörpern aufgegeben. Die Glasfraktion wird anschließend gebrochen. Die Sockel werden nicht weiter aufbereitet, sondern extern weiter verarbeitet.

Abluftbehandlung/Verwertungswege

Die Natron-Kalk-Glas-Fraktion der Leuchtstoffröhren wird für die Neuproduktion von Lampen eingesetzt. Die Leuchtstoffe aus den Lightcycle-Kontingenten werden an die DELA zur Quecksilberentfrachtung geliefert.

Die beladenen Aktivkohlefilter werden beseitigt.

Die Betriebe sind als Entsorgungsfachbetriebe, nach US-amerikanischen Responsible Recycling Standard (R2: 2008) und nach ISO 9001:2008 bzw. ISO 14001:2004 zertifiziert.

3.14.3 LAREC Lampen-Recycling Gesellschaft mbH

Die Firma Larec wurde am 9.11.2012 besucht. Die Behandlung von Leuchtstofflampen erfolgt bei LAREC in der Anlage in Brand-Erbisdorf unmittelbar neben der Lampenproduktion von NARVA. Deshalb werden in der Anlage neben den erfassten Altlampen auch Produktionsrückstände zerlegt.

Leuchtstoffröhren

Leuchtstoffröhren werden manuell in die Aufgabe des Kapp-Trenn-Verfahrens eingelegt. Nach dem Abtrennen der Kappen werden die Röhren ausgeblasen. Das Glas wird anschließend gebrochen. Die Endkappen werden in einer anderen Separationslinie in die Fraktionen Mischglas und Mischmetall getrennt.

Das Leuchtstoffpulver wird über einen Filter aus dem Abluftstrom separiert.

Sonderformen

Kompaktlampen und andere Sonderformen werden jeweils in einer eigenen Anlage zur Trennung von Sockeln und Glaskörpern behandelt. Bei den Sonderformen erfolgt aus wirtschaftlichen Gründen vorab eine manuelle Abtrennung von Glaskörpern. Die Glasfraktion wird anschließend gebrochen. Die Sockel werden extern weiter verarbeitet.

Abluftbehandlung/Verwertungswege

Die Natron-Kalk-Glas-Fraktion der Leuchtstoffröhren wird für die Neuproduktion von Lampen eingesetzt. Die Leuchtstoffe aus den Lightcycle-Kontingenten werden aktuell an die DELA zur Quecksilberentfrachtung geliefert.

Die quecksilberbelasteten Abluftfilter werden extern einer Quecksilberrückgewinnung unterzogen.

Die LAREC ist als Entsorgungsfachbetrieb, als Standort für die Behandlung von Elektroaltgeräten nach ElektroG § 11 und für das Umweltmanagementsystem nach ISO EN 14001:2005zertifiziert.

3.14.4 Quecksilbermessungen

Die Betriebe führen entsprechend den in Deutschland gültigen rechtlichen Anforderungen Quecksilbermessungen in den Fraktionen, am Arbeitsplatz und bei den Angestellten durch.

3.15 Quecksilber in der Sammlungs- und Behandlungskette

Basierend auf den groben Schätzungen aus der Befragung der Akteure aus der Entsorgung wird von einer Bruchquote von der Erfassung bis zur Behandlung von 5 % ausgegangen. Dieser Bruch verteilt sich auf die Stationen der Entsorgungskette wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 11: Verteilung der Bruchquoten in der Entsorgungskette und in der Quecksilberbilanz

	Abgabestelle	Sammelstelle und Konsolidierung	Aufladen	Transport	Abladen
Bruch je Station (%)	0,75 %	3,5 %	0,5 %	0,1 %	0,15 %

Bei der Behandlung wird Quecksilber über die Fraktionen ausgeschleust und über die Abluft. Die Abluft wird über Aktivkohle gereinigt. Die im Aktivkohlefilter gebundenen Mengen sind nicht in die Bilanz mit aufgenommen worden, da die Filter relativ lange Standzeiten haben (2 bis über 4 Jahre) und hierdurch eine Jahresabgrenzung nicht möglich ist und weil Angaben zur Quecksilberbeladung der Filter nicht vorliegen. Die Quecksilbermengen, die die Anlagen als Teil des Leuchtpulvers in Richtung DELA verlassen, werden in der Anlage der DELA in Dorsten separiert und beseitigt.

Die folgende Abbildung fasst die Mengenströme der Entsorgung zusammen.

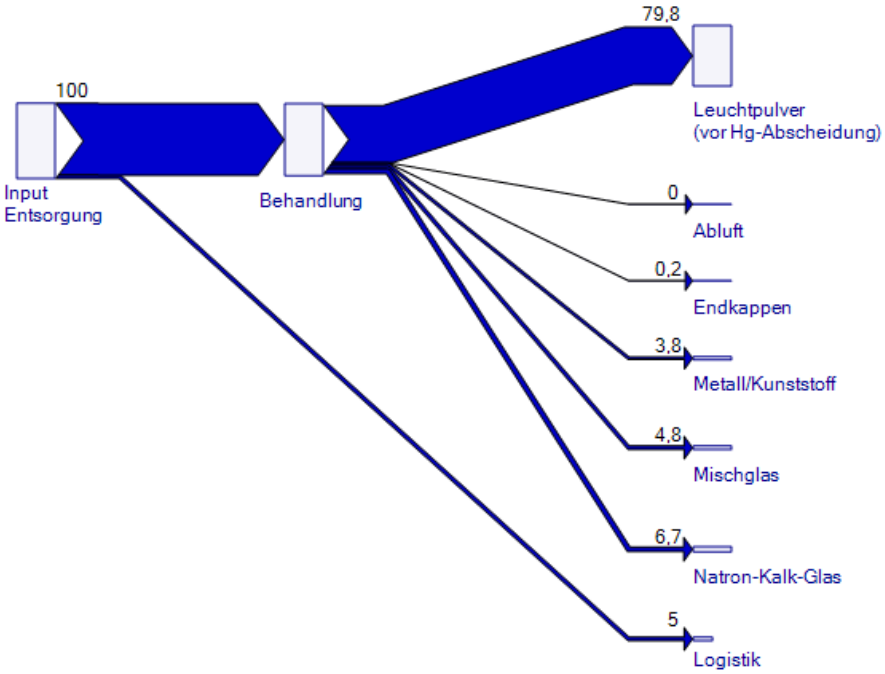


Abb. 30: Quecksilber-Mengenströme in der Entsorgung in % (eigene Berechnungen; aufgrund der Rundungen von Einzelwerten ergibt sich eine Summe über 100 %)

3.16 Rückgewinnungsverfahren für Seltene Erden aus Gasentladungslampen

Derzeit wird nur bei der Rhodia Gruppe ein großtechnisches Verfahren zur Rückgewinnung von Seltenen Erden betrieben, das im Folgenden beschrieben wird. Die Verwertung von Leuchtstoffpulver aus den Aktivitäten der Hersteller von Gasentladungslampen wird derzeit von den Herstellern geprüft.

Rhodia verarbeitet zurzeit im Pilotbetrieb in verschiedenen Anlagen drei post-consumer Abfälle. Die Verarbeitung von Gasentladungslampen erfolgt an den Standorten Saint-Fons (FR) und La Rochelle (FR). Über die Aufkonzentration in Saint-Fons, die vornehmlich bei Leuchtschichten aus Gasentladungslampen und Bildschirmen angewendet wird, ist wenig publiziert und Details werden weitgehend geheim gehalten [17]. Output des Aufkonzentrationsschrittes von Energiesparlampen in Saint-Fons ist unter anderem ein Seltene-Erden-Konzentrat, das zur Anlage in La Rochelle gebracht wird. Dort wird es einem Flüssig-Flüssig-Extraktionsverfahren unterzogen (Recycling Magazin 2012, Rhodia 2012-1). Bei dieser Lösemittelextraktion, die vermutlich in einer Gegenstromextraktorbatterie nach dem Mischer-Absetzer-Prinzip[18] erfolgt, wird das Seltene-Erden-Konzentrat erst mit Wasser versetzt. In einem zweiten Schritt wird dann ein Lösemittel hinzugefügt, in dem sich die avisierten Seltenen Erden besser lösen, als in Wasser.

[17] Recycling Magazin Ausgabe 05/2012, 2012;

In La Rochelle sind 1.500 Mischer-Absetzer installiert (Recycling Magazin 2012).

Für Cer werden z. B. Lösemittel wie Tributylphosphat (TBP) oder Neodecansäure eingesetzt (Rhodia 2012-1). Nach intensiver Mischung des Wassers mit dem Lösemittel kommt es in einem dem Mischer folgenden Absetzbecken zu einer Phasentrennung der beiden Flüssigkeiten (verfahrensingenieur.de 2012, Recycling Magazin 2012). Nun befinden sich die Seltenen Erden in der Lösemittelphase und nicht mehr in der Wasserphase zusammen mit den nicht erwünschten Stoffen. Die Seltene(n) Erde(n) wird/werden dann aus der Lösung als Salz gefällt, getrocknet oder kalziniert und gemahlen.

Yttrium, Lanthan, Cer, Europium, Gadolinium und Terbium (Recycling Magazin 2012) werden durch die Prozesse in Saint-Fons und LaRochelle extrahiert und in Form von einer Lanthanverbindung, Yttriumoxid und anderen Substanzen wieder für die Produktion neuer Energiesparlampen verfügbar gemacht (Recycling Magazin 2012).

Laut (Walter 2011) werden 95 % der im Phosphorpuder aus Gasentladungslampen enthaltenen Seltenen Erden durch den Prozess recycelt.

3.17 Diskussion und Empfehlungen

3.17.1 Sammelziele

Die Datenlage zu den iVgM erlaubt es aus gutachterlicher Sicht nicht, auf Basis des Abfallpotenzials ambitionierte Sammelziele als Quotient aus iVgM und Sammelmenge zu definieren:

- Daten des Verbandes der Hersteller (ZVEI) sowie der Hersteller stehen nicht zur Evaluierung zur Verfügung.
- Daten der stiftung ear stehen ab 2006 zur Verfügung, sind also zur Berechnung von iVgM für die Bezugsjahre **vor** 2006 nicht nutzbar.
- Die als Zeitreihen vorliegenden Daten von EUROSTAT sind für Deutschland unvollständig, nur als Stückzahlen verfügbar und werden von Lightcycle in ihrer Höhe bestritten.
- Die Angaben von EUROSTAT und stiftung ear divergieren deutlich um Größenordnungen (3-fach), ohne dass Gründe hierfür nachweisbar belegt werden können.
- Es ist nicht belegbar, ob die Zahlendifferenzen aus einem systematischen Fehler bei einer der beiden Datengrundlagen resultieren, der sich über die Jahre gleichbleibend fortgesetzt hat.
- Zur Festlegung einer Quote muss sinnvollerweise ein Gewichtsbezug vorhanden sein. Die hierzu notwendige Umrechnung von Stückzahlen in Gewicht stellt einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor dar, da die anzuwendenden Faktoren aufgrund der Vielzahl der Lampenformen und der Veränderung der Gewichte über die Zeit nur ungefähre Schätzungen sein können. Die stiftung ear hat die Meldepraxis zum 1. Januar 2013 umgestellt. Statt Stückzahlen ist von den Herstellern das reale Lampengewicht zu melden (stiftung ear 2013b). Aufgrund der Verweildauer von GEL von 6 bis 10 Jahren können diese Daten erst für die Berechnung von Sammelquoten ab dem Jahr 2019 bzw. 2023 herangezogen werden.
- Zudem muss eine Festlegung zu den Verweildauern der Lampen im Markt bzw. bei den Endnutzern vorgenommen werden. Primärdaten stehen nur begrenzt zur Verfügung.

Die Umsetzung der zeitlich gestaffelten Vorgaben zu den Sammelquoten der neuen WEEE-Richtlinie kann daher nicht 1:1 auf quecksilberhaltige Lampen übertragen werden.

Mit Bezug auf Art. 7 Abs. 6 der neuen WEEE-Richtlinie und den Ansatz, Maßnahmen/Instrumente zur Umsetzung gesonderter Sammelziele für Altlampen festzusetzen, sollte daher vielmehr ein ambitioniertes Sammelsystem verlangt und darüber sichergestellt werden, dass die notwendigen hohen Sammelergebnisse erreicht werden. Mindestsammelquoten, die die unsichere Datenlage berücksichtigen, können als additives Instrument hilfreich sein.

3.17.2 Sammelsystem

Bei allen quecksilberhaltigen Lampen erfolgen die Entsorgungsvorgänge bei den Endverbrauchern in sehr langen Abständen. Um gute Erfassungsquoten zu erreichen, muss der Aufwand bei solchen Entsorgungsvorgängen, die nicht zur Alltagsroutine gehören, möglichst gering gehalten werden. Daher muss ein einfach merkbares System bei den Abgabemöglichkeiten vorhanden sein. Dass bei der EMNID-Umfrage im Auftrag von Lightcycle der überwiegende Teil der Befragten den kommunalen Wertstoffhof als Abgabemöglichkeit für Altlampen genannt hat, ist wahrscheinlich auch darauf zurückzuführen, dass beim Recyclinghof das Kriterium „Einfachheit“ besonders gut erfüllt ist. Die Abgabemöglichkeiten beim Handel, wo es zum Zeitpunkt der Umfrage fast viertausend Abgabestellen mehr gab, wurden von den Befragten nicht an erster Stelle genannt. Die notwendige Einfachheit des Systems beim Handel würde erreicht, wenn die einfache Regel umgesetzt würde, dass der Endverbraucher bei jedem Händler Altlampen abgeben kann, bei dem er Neulampen kauft.

In Verbindung mit der besonderen Priorität, die Art. 5 Abs. 1 der neuen WEEE-Richtlinie der getrennten Sammlung von quecksilberhaltigen Leuchtstofflampen beimisst und der besonderen Bedeutung des Kriteriums „Einfachheit“ für die Abgabemöglichkeit durch den Endverbraucher wird der derzeitige Stand der Abgabemöglichkeiten für die Endverbraucher, vor allem im Bereich private Nutzer und Kleingewerbe, als unzureichend angesehen (z. B. im Vergleich zu den Abgabemöglichkeiten für Altbatterien, deren Anzahl bei über 140.000 liegt).

Es sollte daher eine rechtliche Verpflichtung in das ElektroG, bzw. damit verbundene Regelwerke aufgenommen werden, nach der der Handel entsprechend Art. 5 Abs. 2 b und c der neuen WEEE-Richtlinie zur Rücknahme von quecksilberhaltigen Lampen verpflichtet wird.

Ggf. sollte diese generelle Pflicht durch eine „Kioskregel“ ergänzt werden, nach der sehr kleine Geschäfte ggf. angepasste Anforderungen erfüllen müssen. Der Internethandel sollte in diesem Rahmen ebenfalls verpflichtet werden. Die Umsetzung dieser Verpflichtung wäre z. B. möglich, indem eine adressierte und frankierte Versandtasche bzw. ein Versandaufkleber beigelegt würde, die an eine Entsorgungseinrichtung gerichtet ist. Der Versandbehälter kann der gleiche Karton sein, der für die Neulampe genutzt wurde, wodurch für die Altlampe das gleiche Schutzniveau erreicht würde, wie für die Neulampe. Als zweite Option für den Versandhandel sollte die Möglichkeit eingerichtet werden, eine Entsorgungsgebühr zu zahlen. Die Höhe der Gebühr kann an den Gesamtentsorgungskosten des Systems von Lightcycle plus den Handlingkosten beim Nicht-Versandhandel (s. u.) orientiert sein.

Durch die Verpflichtung der Sammlung durch den Handel werden die bisherigen Bemühungen von Lightcycle, Sammelstellen im Handel einzurichten, unterstützt. Zudem wird das Kriterium „Kontinuität“ in Bezug auf die Sammelstellen erfüllt und das System unabhängiger von äußeren ökonomischen Einflüssen gemacht. Ein wesentlicher Punkt hierbei ist das Finanzierungssystem der Altlampenentsorgung, bei dem die verkauften Neulampen die Entsorgung der Altlampen finanzieren. Dieses „Rentensystem“ wird wahrscheinlich dazu führen, dass bei abnehmenden Mengen verkaufter quecksilberhaltiger Neulampen und gleichzeitigem Anstieg der Altlampenmengen der ökonomische Druck auf das Entsorgungssystem schnell zunehmend steigt.

Hierdurch kann besonders der Bereich der Sammlung vom privaten Endverbraucher betroffen sein, da hier die spezifischen Kosten pro Altlampe am höchsten sind.

Wenn unterschiedliche Sammelsysteme für Altlampen parallel bestehen, sollte ein möglichst einheitliches Erscheinungsbild verbindlich festgelegt werden zur Sicherstellung der Wiedererkennbarkeit durch die Verbraucher. Als Mindestanforderung sollte die Entwicklung eines einheitlichen Logos in entsprechender Größe auf den Sammelboxen rechtlich verbindlich festgelegt werden.

Das bestehende Behältersystem zur Sammlung der GEL von den Endkunden wird als gut geeignet angesehen, um das Bruchrisiko zu minimieren. **Die Praxis, für Leuchtstoffröhren separate angepasste Behälter aufzustellen, sollte ausgeweitet werden. Falls dies in der derzeitigen rechtlichen Situation nicht realisiert werden kann, sollte der Einsatz dieser Sammelbehälter durch rechtliche Anforderungen unterstützt werden** (z. B. in einer nachgeordneten Verordnung zum ElektroG, die spezifische Anforderungen an Sammelsysteme für besonders schadstoffhaltige EAG stellt).

Dort, wo Sammelbehälter mit einer Fallhöhe von über 45 cm eingesetzt werden, sollten konstruktive Maßnahmen für die Bruchminimierung erfolgen. Falls dies nicht realisiert werden kann, sollten solche Sammelbehälter verboten werden.

Die Schulung der Mitarbeiter soll zumindest die Kenntnis von Handlungsempfehlungen und Hinweisschildern umfassen.

Schätzung der Kostenwirkung

Für Baumärkte nennt gemaba (2011) eine Flächenproduktivität[19] von 1.400 €/m² überdachter Verkaufsfläche. BBE (2011) nennt für Bau- und Heimwerkermärkte 1.300 € bis 1.600 € und für Elektro-/Unterhaltungselektronik-Fachhandel 5.200 €. Allerdings ist der Stellplatz von Sammelboxen in der Regel nicht der Bereich der umsatzstärksten Verkaufsflächen.

Die Lightcycle-Boxen für den Einzelhandel sind für ca. 150 Lampen ausgelegt. Geht man von 10 Leerungen pro Jahr aus und einer Umsatzrendite von 10 %[20], so ergäbe sich für die Lightcycle Box mit den Faktoren:1.500 Lampen/a, einem Flächenbedarf von 0,14 m²/Box und einem Flächenertrag von 300 €/m² (3.000 €/m² Flächenproduktivität mal 10 % Umsatzrendite) die folgende Rechnung:

$$\frac{0{,}14\ m^2/_{Box} * 300\ €/_{m^2 * a}}{1.500\ Lampen/_{Box * a}} = \frac{42\ €/_{Box * a}}{1.500\ Lampen/_{Box * a}} = 2{,}8\ Eurocent/Lampe$$

Bei einem Durchschnittpreis pro Lampe von 4 € würden die flächenbezogenen negativen Ertragsäquivalente pro Lampe im Einzelhandel 0,7 % des Lampenpreises ausmachen.

[19]Hier definiert als Umsatz je m² Geschäfts- bzw. Verkaufsfläche pro Jahr.

[20] Dabei wird von einer Flächenproduktivität von 3.000 € pro Quadratmeter und Jahr ausgegangen und eine Umsatzrendite von 10 % angenommen.

Im Jahr 2011 gab es ca. 2.500 Baumarktstandorte und 5.500 Elektrofachhandelsstandorte sowie 12.000 Drogeriemarktstandorte. Geht man davon aus, dass ein Drittel der Verbrauchermärkte (Gesamtzahl ca. 7.000), der Discounter (Gesamtzahl ca. 17.000) und der Supermärkte (Gesamtzahl ca. 12.000) Leuchtstofflampen verkaufen, so ergäbe sich eine Anzahl von ca. 12.000. Die Anzahl der Warenhäuser und SB-Warenhäuser lag bei ca. 700. (Datenquellen: Nielsen 2011, Sollbach 2012, gemaba 2011, BBE 2012). In der folgenden Berechnung wird eine Gesamtzahl von 33.000 Standorten zugrunde gelegt.[21]

Ende des Jahres 2012 waren an ca. 6.000 Standorten Sammelstellen von Lightcycle eingerichtet (Lightcycle 2012). Es kann davon ausgegangen werden, dass es zu einer weiteren Erhöhung der Sammelstellen kommt. Da diese Entwicklung allerdings nur sehr unsicher quantifiziert werden kann, wird in der folgenden Rechnung vom Stand Ende des Jahres 2012 ausgegangen. Bei ca. 27.000 Standorten würden in dem hier dargestellten Szenario demnach zusätzliche Sammelstellen entstehen. Dies entspräche einem flächenbezogenen Ertragsäquivalent von zusätzlich ca. 1,1 Millionen €/a in Deutschland.

Der Handlingaufwand für eine Leerung einer Box wird auf ca. 5 Minuten geschätzt. Bei 10 Leerungen pro Jahr ergibt sich ein Zeitaufwand von 50 Minuten pro Sammelstandort. Bei 27.000 zusätzlichen Sammelstandorten in Deutschland ergibt sich ein bundesweiter Zeitaufwand für die Leerung der Sammelboxen von zusätzlich ca. 22.500 Stunden. Werden die Kosten einer Arbeitsstunde für das Leerungspersonal mit 15 € angesetzt, ergeben sich zusätzlich 337.500 € als Kosten für die Leerung der Sammelboxen in Deutschland für den Handel. Wird der durchschnittliche Aufwand für die Zusammenführung der Mengen bis zu dem Konsolidierungspunkt, an dem Lightcycle die Mengen übernimmt, mit 10 € pro Box und Jahr angesetzt, so ergäben sich Kosten von 270.000 €/a. Durch die Händlerverpflichtung entstünde somit eine jährliche Kostenwirkung von ca. 1,7 Millionen €. Die Kosten für den Versandhandel in der oben beschriebenen Versandoption werden höher geschätzt, da der Kleinmengentransport über die Post oder ähnliche Systeme teurer ist, als z. B. die Konsolidierungslogistik des Lightcycle Systems.

Die verkaufsflächenbezogene Vorgabe des Art. 5 Abs. 2(c) der neuen WEEE-Richtlinie[22] würde dazu führen, dass eine deutlich geringere Zahl von Händlern verpflichtet würde. Zwar ist die genaue Grundlage der Berechnung der betroffenen Händler noch unklar, der HDE hat aber im Oktober 2012 eine grobe Schätzung abgegeben, nach der ca. 7.200 Einzelstandorte betroffen wären. Wie viele der bestehenden Sammelstellen von Lightcycle bereits jetzt auf diese Standorte entfallen, ist nicht bekannt.

[21] Dabei ist im Hinblick auf Datenunsicherheiten nochmals hervorzuheben, dass keine spezifischen Zahlen für die Anzahl der Standorte, an denen quecksilberhaltige Lampen verkauft werden, verfügbar sind und es sich daher um Schätzungen handelt.

[22] Artikel 5 Abs. 2(c) sieht eine Rücknahmeverpflichtung des Handels vor, wenn dieser über eine Verkaufsfläche für Elektrogeräte von mehr als 400 m^2 verfügt.

Handwerksbetriebe wurden nicht mit in die Berechnung einbezogen. Die Anzahl der Handwerksbetriebe, die Elektrogeräte an Endkunden verkaufen, wird vom ZVEH auf ca. 40.000 geschätzt (ZVEH 2012). Wie viele dieser Betriebe bereits Lampen zurücknehmen, ist nicht quantifiziert. Der ZVEH spricht von einem Großteil (ZVEH 2012).

Welche Veränderungen in der anschließenden Logistikkette notwendig wären, kann derzeit nicht quantifiziert werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass das derzeitige System im Wesentlichen weiter betrieben werden kann. Die Abgabemöglichkeiten für kleinere Unternehmen bei den örE sind derzeit bereits rechtlich etabliert. Allerdings scheint es hier entsprechend den Informationen des ZVEH notwendig zu sein, einen Zustand zu erreichen, bei dem auch in der Praxis die betroffenen Händler (und Handwerksbetriebe) ohne großen administrativen Aufwand die quecksilberhaltigen Lampen abgeben können.

Durch die vorgeschlagene Verpflichtung des Handels zur Rücknahme, bei der die nachfolgende Logistik und Verwertung als System beibehalten wird, ergäben sich keine Zusatzaufwendungen bei der stiftung ear durch eine veränderte Abholkoordination.

3.17.3 Sammlung im öffentlichen Raum

Wie für kleine Elektroaltgeräte besteht prinzipiell die Möglichkeit, quecksilberhaltige Gasentladungslampen im öffentlichen Raum zu sammeln, z. B. im Zusammenhang mit Depotcontainersammlungen.

Der Leerungsrhythmus dieser Behälter wäre sehr lang und es müssten besondere Vorkehrungen getroffen werden, um Bruch beim Umladen auf das Sammelfahrzeug zu verhindern.

Das Risiko von Beschädigungen durch unsachgemäßen Einwurf und/oder durch mutwillige Beschädigung wird als relativ groß eingeschätzt.[23]

Im Vergleich der Sammelvarianten ergibt sich folgendes Bild. Durch die Sammlung über Einrichtungen an Standplätzen von Depotcontainern

- werden kaum zusätzliche Wege für den Endverbraucher notwendig,
- besteht ein relativ guter Bekanntheitsgrad der Sammelpunkte (=Standorte von Depotcontainern),
- wird das Bruchrisiko als deutlich höher eingeschätzt.

Die Transaktionskosten aus der Systemeinführung werden höher geschätzt als bei der Ausweitung der Sammlung im Handel (Abstimmungs- und Koordinationsaufwand, Leerungs- und Transportvorgänge).

Wenn die Leerung der Container in Eigenregie der Kommunen oder Herstellerbeauftragten erfolgt, ergibt sich kein neuer Tätigkeitsbereich der Abholkoordination. Soll die Containerleerung

[23]Speziell konstruierte Sammelbehälter (ein Beispiel sind die Sammelbehälter der Firma Kurtz Umwelt) sind derzeit in der Entwicklung, die die Möglichkeit einer Absaugung der Luft aus dem Sammelbehälter und der Reinigung über einen Aktivkohlefilter bieten. Hierzu ist eine Stromversorgung über Solarzellen und eine Bleibatterie möglich.

in die Abholkoordination integriert werden, so ergibt sich ein deutlicher Aufwand für die Entwicklung der Systemkomponenten bei der stiftung ear sowie der Abholmeldung (Füllstandskontrolle).

In der vergleichenden Gesamtabwägung wird die Sammlung von GEL im öffentlichen Raum nicht als prioritäre Sammeloption vorgeschlagen.

3.17.4 Ökonomische Steuerungsinstrumente

Die thematische Strategie „Vermeidung und Verwertung“ der Europäischen Kommission und die daraus resultierenden Rechtsrahmen fordern die Mitgliedstaaten zur Nutzung ökonomischer Steuerungsinstrumente auf.

Bei Getränkeverpackungen zeigte die Pfandeinführung Erfolge beim Anti-Littering (UBA 2010).

Für Vorhaltung und Betrieb eines Pfandsystems ergäben sich Systemkosten, die folgende Bereiche umfassen würden:

- händische oder automatisierte Rücknahme,
- Sammellogistik für die Zuführung zur Behandlung (dabei kann auf bestehende Sammelstrukturen aufgebaut werden),
- Einrichtung und Betrieb der Pfandverrechnungsstelle (Pfandclearing, Neuaufbau entsprechender Institutionen).

Eine europaweite Pfandpflicht für quecksilberhaltige Gasentladungslampen ist derzeit von der Europäischen Kommission nicht vorgesehen. Bei einer nationalen Einführung ist es notwendig, die pfandpflichtigen Lampen, die in Deutschland in Verkehr gebracht werden, zu kennzeichnen, um eine Altlampenwanderung aus anderen Ländern nach Deutschland zu verhindern.

Die Pfandpflicht könnte also nur für Neulampen wirken. Die Verweildauer von Lampen (6 bis 12 Jahre) würde dazu führen, dass der Pfandauszahlungsmechanismus ab 2020 bis 2025 aktiv würde und somit ab diesem Zeitpunkt auch ein Steuerungseffekt eintreten würde. Derzeit steigen die Altlampenmengen und die Neulampen werden mehr und mehr durch alternative Systeme ersetzt (LED).

Aus der Abwägung der beschriebenen qualitativen Argumente[24] wird geschlossen, dass auf eine Pfandpflicht verzichtet werden kann, wenn über eine Hersteller- bzw. Handelsverpflichtung zur Rücknahme ein enges Rücknahmenetz aufgebaut und durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit unterstützt wird und somit ohne ein solches ökonomisches Steuerungsinstrument die Sammelziele erreicht werden.

[24]Eine umfassende ökologische und ökonomische Bewertung der Einführung einer Pfandpflicht würde den Rahmen dieser Studie überschreiten.

3.17.5 Öffentlichkeitsarbeit

Da die Wirkung von Öffentlichkeitsarbeit nur durch regelmäßige Wiederholung aufrechterhalten werden kann, sollte im Kontext der oben beschriebenen Empfehlungen sichergestellt werden, dass eine effektive Öffentlichkeitsarbeit dauerhaft erfolgt.

Die Komplexität von Öffentlichkeitsarbeit bzw. der Bewertung ihrer Effektivität macht es schwierig, entsprechende verbindliche Regelungen in operationalisierter Form in das neue ElektroG aufzunehmen.

Für die sehr wichtige Information der Öffentlichkeit über vorhandene Sammelstellen hat das Lightcycle-System mit dem Sammelstellensucher im Internet (http://www.lightcycle.de) und die APP für Smartphones von Hellmann Process Management (http://www.umweltmanager.net) gute Tools entwickelt. Darüber hinaus sollte sichergestellt werden, dass die Endnutzer Informationen zum Vorhandensein der Sammelstelle sehen, wenn sie sich in den entsprechenden Handelshäusern bewegen. Die Informationsmedien von Lightcycle können hier als Benchmark dienen (Information am Eingang und am Regal für Neulampen, Deckenhänger). Auch ein gut sichtbarer Aufstellplatz für die Box erzeugt einen wesentlichen Beitrag dazu, dass die Verbraucher sich an die Entsorgungsmöglichkeit erinnern, wenn eine Altlampe zu entsorgen ist.

Grundsätzlich sollten alle Hersteller (im Sinne des ElektroG) vergleichbare Anforderungen bei den Aufwendungen für Informations- und Kommunikationsaufgaben erfüllen müssen.

Dabei wird eine Bündelung der Kommunikationsstrategie als wichtig angesehen. Derzeit sind ca. 70 % der in Deutschland iVgM bei Lightcycle eingebunden. Eine verpflichtende Teilnahme aller Hersteller am Lightcycle Kommunikationskonzept ist allerdings z. B. aus kartellrechtlichen Gründen nicht vorstellbar.

Wir empfehlen den Weg, eine rechtliche Verpflichtung zu erlassen, nach der jeder Hersteller Kommunikationskampagnen in verschiedenen Kommunikationswegen nachweisen muss. Eine Veröffentlichung im Internet erscheint nicht ausreichend.

3.17.6 Monitoring

Derzeit sind Informationen zu verschiedenen Teilmengenströmen im Entsorgungssystem nicht oder nur teilweise verfügbar.

Um die in Deutschland tätigen Sammelsysteme zu erfassen, wird eine zentrale Registrierung aller Sammelsysteme für Altlampen empfohlen.

Art. 7 Abs. 2 der neuen WEEE-Richtlinie bestimmt: „Um festzustellen, ob die Mindestsammelquote erreicht wurde, stellen die Mitgliedstaaten sicher, dass ihnen Angaben zu den gemäß Artikel 5 getrennt gesammelten Elektro- und Elektronikaltgeräten kostenfrei übermittelt werden, einschließlich mindestens Angaben über Elektro- und Elektronikaltgeräte, die

a) von Rücknahmestellen und Behandlungsanlagen entgegengenommen wurden,

b) von Vertreibern entgegengenommen wurden,

c) von Herstellern oder in ihrem Namen tätigen Dritten getrennt gesammelt wurden.“

Es wird vorgeschlagen, dass zusätzlich zu den bestehenden Informationserhebungen von allen Sammelsystemen für Altlampen folgende Angaben an eine zentrale Stelle übermittelt werden:

- **Menge je Übergabestelle,**
- **davon: Sammelmengen aus dem Einzelhandel und aus dem Großhandel,**
- **behandelte Mengen aus inländischen Herkunftsbereichen.**

Die Mengenangaben sollten für eine Auswertung durch das Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt werden. Als Alternative böte sich an, dass von allen Sammel**stellen** Informationen übermittelt werden. Der dann wesentlich höhere administrative Gesamtaufwand würde allerdings nach bisheriger Einschätzung nicht in zusätzlichen Erkenntnissen münden. Konkret wird es derzeit als ausreichend angesehen, wenn zusätzlich zu den bestehenden Informationen Mengenangaben aus den Bereichen Sammlung im Handel, Sammlung bei den örE, Sammlung beim Großhandel, Sammlung bei Großannahmestellen und Sammlung bei Großanfallstellen verfügbar wären. Ggf. könnten zusätzlich noch Mengen aus dem Handwerk differenziert werden.

3.17.7 Behältersystem

Bei der Untersuchung zu den Sammelbehältern wurden deutliche Unterschiede hinsichtlich der **Fehlwürfe** festgestellt. Diese waren teilweise wahrscheinlich systembedingt (z. B. Aufstellort) und teilweise durch konstruktive Aspekte des Behälters selbst beeinflusst. Da die Altlampen aus den kleinen Sammelbehältern jedoch in Großbehälter umgefüllt werden und dort in der Regel eine Abtrennung der Fehlwürfe erfolgt, wird nur dort Handlungsbedarf gesehen, wo durch Fehlwürfe eine Bruchgefahr besteht (siehe hierzu unten).

Das **Bruchrisiko** kann durch die Wahl der Behälter oder durch konstruktive Veränderungen minimiert werden. Zwar wurden bei den Sammelstellenbegehungen keine relevanten Bruchmengen festgestellt. Die verwendeten Behältersysteme unterschieden sich jedoch konstruktiv hinsichtlich des Bruchrisikos. Der wesentliche Punkt war dabei, dass bei einigen Behältertypen eine Fallhöhe für die Altlampen bis zu 1 m vorhanden war. Hier sollte geprüft werden, ob konstruktive Veränderungen möglich sind (z. B. variable Bodenhöhen) (siehe folgende Schemazeichnung).

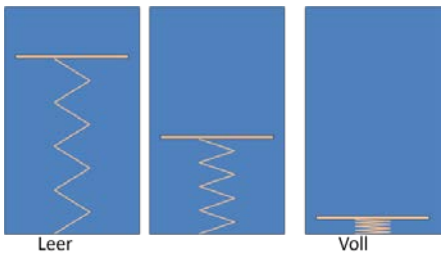


Abb. 31: Schemazeichnung Sammelbox mit variablem Boden

Bei der Sammlung sollte zudem berücksichtigt werden, dass eine deutliche Unterscheidung zwischen Sammelöffnungen für schwere Fraktionen (z. B. Haushaltskleingeräte) und GEL besteht. Dies kann über unterschiedlich geformte Öffnungen erfolgen oder durch die Sammlung in separaten Behältern (wie dies z. B. durch die Lightcycle-Behälter realisiert ist).[25]

Bei der Sammlung im Handel sollten spezielle Behälter für Leuchtstoffröhren vorgesehen werden (siehe folgende Beispielbilder).

Abb. 32: Sammelboxen mit spezifischer Box für Leuchtstoffröhren (Bildquelle Recylum 2011)

Wenn Leuchtstoffröhren mit einer Länge, die größer ist als die Breite der Rungenpaletten, bei Konsolidierungspunkten und Großsammelstellen zur Verladung vorbereitet werden, sollte das Bruchrisiko minimiert werden (z. B. indem einzelne lange Leuchtstoffröhren separat gepackt und verladen werden).

Sonderformen, d. h. auch Kompaktleuchtstofflampen, sollten in Gitterboxen mit Inlay transportiert werden, da hierdurch die Gefahr des Bruchs verringert werden kann.

3.17.8 Fahrzeugtechnik und Personal

Bezüglich des aktuellen Standes der eingesetzten Fahrzeugtechnik und des Transportpersonals sind keine Änderungen zu empfehlen.

[25] Lightcycle stellt unter www.lightcycle.de entsprechende Informationen zu bruchsicheren Erfassung von Altlampen bereit (bspw. Informationsblatt „Altlampen retour“).

3.17.9 Umladung

Aktuell wird keine Umladung durchgeführt oder geplant.

3.17.10 Organisation

Derzeit ist das Zusammenwirken der Akteure bei der Anmeldung der kommunal erfassten Mengen und dem Abtransport teilweise außerhalb der gesetzlichen Vorgaben und Empfehlungen gut organisiert. Ziel muss es sein, eine Übereinstimmung des in der Praxis bewährten Vorgehens mit den gesetzlichen Vorgaben zu erreichen.

Um den Abholvorgang zu flexibilisieren, wäre z. B. eine Streckung der Abholfrist möglich. Unter Beibehaltung der Mindestabholmenge von 3 m³ kann dies nur dadurch erreicht werden, dass zwingend Reservebehälter beim örE vorzuhalten sind, die die Altlampenmenge, die zwischen der Anmeldung und der Abholung anfällt, aufnehmen können. Im Regelfall sollten dies jeweils eine Gitterbox und eine Rungenpalette sein. Nachteilig ist, wenn an Übergabestellen nicht genügend Kapazitäten bereitstehen, um die zusätzlichen Behälter aufzunehmen.

Eine weitere Möglichkeit der Flexibilisierung der Abholung wäre, dem Transporteur zusätzlich zur Anmeldung durch die örE ein „Abholrecht“, ggf. auch nach Abstimmung mit dem örE, einzuräumen. Dafür müsste die Mindestabholmenge verringert oder abgeschafft werden. Aktuell kann der Transporteur aufgrund seiner Erfahrungen beim Lampenaufkommen an der jeweiligen Übergabestelle relativ gut einschätzen, wann eine Abholanordnung zu erwarten ist und entsprechend eine Abholung zu Beginn eines wahrscheinlichen Abholintervalls in seine Tourenplanung einbeziehen. Eine zu häufige Abholung kann über die entsprechende Ausgestaltung des Entgeltmodells verhindert werden.

Durch die Einführung des Abholrechts für Transporteure sind keine Mehrkosten für das Rücknahmesystem zu erwarten. Auch seitens der örE ist nicht mit Mehraufwendungen zu rechnen, da bereits jetzt Abholzeiten durch den örE festgelegt werden und der Abholvorgang selbst kaum Aufwendungen verursacht.

3.17.11 Bereitstellung/Abholung

Bei der Aufstellung der leeren Rungenpaletten ist Wert auf die Schließung der Fixierkette und Beibehaltung dieses Zustands bis zur Abholung zu legen. Die geschlossene Fixierkette markiert den maximalen Füllstand, was eine Überfüllung verhindert. Dies ist Voraussetzung für die Stapelbarkeit der Rungenpaletten und verringert das Bruchrisiko, das bei nachträglicher Schließung besteht.

3.17.12 Entladung

Es sind keine Änderungen der aktuellen Praxis zu empfehlen.

3.17.13 Minimierung des Bruchrisikos/Vermeidung von Fehlbefüllungen

Behälterstandplätze sind für den Bürger gut erkennbar zu kennzeichnen, über die geeigneten Behälter für die jeweilige Lampenart und das richtige Einlegen der Gasentladungslampen in geeigneter Form zu informieren.

Die Erfahrung in der Praxis zeigt, dass Personen, die Gasentladungslampen zu einer Sammelstelle sorgfältig hinbringen, diese dann auch sorgfältig einlegen und nicht im letzten Moment Bruch erzeugen. Zur Reduzierung von Fehlbefüllungen und Bruchrisiken ist es vorteilhaft, wenn Sammelbehälter ausschließlich durch Fachkräfte befüllt werden. Alternativ sollten sie zumindest eine unmittelbare Informations- und Kontrollfunktion ausüben. Dazu ist der Sammelplatz im Sichtbereich des Arbeitsplatzes des Fachpersonals einzurichten.

Das Einlegen der Gasentladungslampen in die Sammelbehälter muss zyklisch durch das Fachpersonal geprüft und Fehlbefüllungen korrigiert werden, um die für den Transport geeignete Befüllung der Behälter sicherzustellen und dem Bürger die korrekte Befüllung zu demonstrieren.

3.17.14 Eignung der Sammelbehälterformen

Als Sammelbehälter sind Rungenpalette, LR-Behälter und Gitterbox grundsätzlich geeignet. Bruch- und Fehlwurfrisiken entstehen durch eine nicht ordnungsgemäße Befüllung.

Die dezentrale Erfassung von Gasentladungslampen, der innerbetriebliche Transport zur zentralen Übergabestelle, aber vor allem die Umladung aus den unstandardisierten Sammelbehältern in die vom Rücknahmesystem bereitgestellten Sammelbehälter verursachen zusätzliche Bruchrisiken. Eine mögliche Alternative wäre es, wenn die gesammelten Gasentladungslampen in den Sammelkartons in Rungenpaletten gepackt werden und somit ein Umladungsvorgang entfällt. Für die Beurteilung, ob der dadurch entstehende zusätzliche Transportaufwand (weniger Lampen je Palette) und Handlingaufwand (Entnahme der Lampen aus dem Karton beim Behandler) gerechtfertigt ist, müsste eine breitere und differenziertere Datenbasis zu den Bruchquoten verfügbar sein.

3.17.15 Behandlung

Im Rahmen der Untersuchung zur Behandlung wurde festgestellt, dass in Deutschland der Stand der Technik im Wesentlichen realisiert ist. Emissionsbezogen sind die Anlagen mit den entsprechenden Einrichtungen ausgestattet und werden von den lokalen Behörden überwacht. Eine rohstoffbezogene Optimierung wird durch die Vorgaben der nachgelagerten Verwertungsbetriebe induziert.

Hinsichtlich der Frage der Verwertung von Mischglasfraktionen ist allerdings anzumerken, dass Unsicherheiten bestehen, ob die geforderten Maximalgehalte für Quecksilber eingehalten werden. Dort, wo diese Werte nicht eingehalten werden, ist zu erwarten, dass die Recyclingquoten des ElektroG von 80 % für die Sonderformen nicht erreicht werden. Für die Mischrechnung aus

Stab- und Sonderformen kann beim derzeitigen Mengenverhältnis von Stab- zu Sonderformen davon ausgegangen werden, dass die genannte Quote erreicht wird. Die Entfrachtung der Mischglasfraktion sollte als Behandlungsanforderung in zukünftigen Anforderungen an die Qualität der Entsorgungskette aufgenommen werden.

Bei der Frage der Separierung von Leuchtstoffen kann eine Beurteilung von verschiedenen Separierungstechniken (Shredder, Ausblasen, Waschen) erst erfolgen, wenn Kenntnisse zum Rückgewinnungsverfahren vorliegen. Dies ist derzeit nicht möglich, da Rhodia keine Details ihres Verfahrens und keine Prozesseffizienzen berichtet. Allerdings wird bereits nach bisherigem Kenntnisstand bezüglich der Rückgewinnungsverfahren schon deutlich, dass die Separation von Leuchtstoffen zur Rückgewinnung wirtschaftsstrategischer Stoffe sinnvoll ist.

Daher sollte die Separation der Leuchtstoffe als Teil der Prozesskette zur Behandlung von Gasentladungslampen vorgeschrieben werden.

Die Separation des Quecksilbers aus dem Leuchtpulver stellt eine wesentliche Voraussetzung dar, um eine Verschleppung zu verhindern. Dieser Schritt sollte erfolgen, solange die Leuchtstoffe unvermischt vorliegen, d. h., bevor das Material möglicherweise mit anderen Stoffströmen in den Verwertungsanlagen vermischt wird.

4 Sonstige Lampen

4.1 LED

LEDs werden in vielfältigen Produkten verwendet. Im Rahmen dieser Studie werden ausschließlich LED-Lampen betrachtet. Für eine umfassende Analyse wird auf die UBA-Projekte RePro bzw. ReStra[26] verwiesen.

Je nach Anwendungszweck und Lichtfarbe unterscheiden sich die Zusammensetzungen von LEDs deutlich. Spengler et al. (2012) haben eine Modell-LED als Grundlage für Massenstromberechnungen entwickelt, deren Zusammensetzung für einige Elemente in der folgenden Tabelle wiedergegeben wird.

Tab. 12: Zusammensetzung einer Modell-LED nach Spengler et al. (2012)

Element	Masse in LED (Mikrogramm)	Masse min-max (Mikrogramm)[27]
Ga	25,8	15,1 - 25,8
In	0,015	0,006 - 0,028
Au	206,5	55,5 - 1070
Ag	11,0	
Ge	807,5	425,0 - 807,5
Y	63,0	
Ce	pg/fg-Bereich	

Die in der gleichen Studie entwickelte Referenz-LED-Lampe hat die in der folgenden Tabelle genannte Zusammensetzung.

[26] RePro (FKZ 3711 95 318) „Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten“ bzw. ReStra (FKZ 3711 93 339) „Ermittlung von Substitutionspotenzialen von primären strategischen Metallen durch Sekundärmaterialien“; bisher unveröffentlicht (Stand Januar 2013). Der Abschluss der Projekte ist für Mitte bzw. Ende 2014 geplant.

[27] Sofern abweichende Angaben vorliegen.

Tab. 13: Materialien in Referenz-LED-Lampe (E27, ca. 650 lm, ca. 10 W) nach Spengler et al. (2012)

Bauteil	Material	Masse (g)	Anteil am Gewicht (%)
Linse	Glas oder Plastik	20	8,1
LED-Modul	LED in Modul:	2	0,8
Kühlkörper	Aluminium	140	56,9
	Kupfer	20	8,1
Vorschaltgerät: Leiterplatte, Widerstände, Transistoren, Spulen, Kondensatoren, Dioden, Draht, Lötpaste, Schaum, Beschichtung	Eisen	1,6	4,0
	Kupfer	1,6	
	Aluminium	1,3	
	Zinn	0,3	
	Silber	0,01	
	Plastik	1,3	
	Sonstige	3,8	
Sockel	Verzinnter Stahl	9	3,7
Gehäuse und Verbindungsteile	Kupferschrauben, Aluminiumteile, Porzellan, Plastik	45	18,3

(Nachtrag Stand August 2013: Zum 1. August 2013 hat die stiftung ear die b2c-Gerätearten der Kategorie 5 umbenannt. Demnach sind LED-Lampen nicht mehr wie bisher der Geräteart 5a, sondern der Geräteart 5b zuzuordnen. Daraus folgt, dass LED-Lampen nicht mehr in die Sammelgruppe 4, sondern in die Sammelgruppe 5 fallen. LED-Lampen, die mit Leuchten fest verbunden sind, sind ebenfalls in der Sammelgruppe 5 zu sammeln (vgl. stiftung ear 2013a).)

Im Rahmen der Sortieranalysen des Projektes RePro wurden keine LED-Lampen in den SG 3 und SG 5 gefunden. Gespräche mit einem Entsorger, der gezielt LEDs im Abfallstrom suchte, ergaben, dass derzeit auch außerhalb des Zeitraums der Sortieranalyse keine nennenswerten Mengen von LED-Lampen zu finden seien. LEDs werden lediglich in sehr geringen Mengen als Teil anderer EAG gefunden (ELPRO pers.com. 2012).

Spengler et al. (2012) nennt die in der folgenden Tabelle genannten Bedarfe von LEDs bzw. LED-Lampen in Deutschland.

Tab. 14: Schätzung des Bedarfs an LEDs (in Mio. weiße Hochleistungs-LEDs) und LED-Lampen für verschiedene Beleuchtungssektoren (Spengler et al. 2012)

	LEDs (Mio. Stück)	LED-Lampen (Mio. Stück)
2010	28	2,8
2016	487	48,7
2020	863	86,3

Angaben zur Lebensdauer aus der Praxis, der Nutzungsdauer und der Verweildauer bei den Endnutzern liegen nicht vor. Geht man davon aus, dass die technische Lebensdauer aufgrund von ästhetischen Erwägungen (Moden) nicht ausgenutzt wird und setzt eine Verweildauer von 10 Jahren an, so würden im Jahr 2020 2,8 Millionen LED-Lampen anfallen.

LEDs als Teile von Beleuchtungssystemen, bei denen die LEDs integrierter Bestandteil der Leuchte sind, werden vermutlich aufgrund ästhetischer Erwägungen deutlich früher in die Entsorgung gelangen. In einer Restmüllanalyse von INTECUS wurden keine LED-Lampen gefunden,

aber eine LED-Leuchte. Entsprechend hochgerechnet entspräche dies 0,085 Stück/E*a bzw. ca. 6,8 Millionen Leuchten im Jahr 2012 in Deutschland.[28]

Leuchten aus privaten Haushalten fielen zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht in den Anwendungsbereich des ElektroG. Wenn die Leuchten trotzdem in den Containern bei den örE getrennt gesammelt wurden, dann überwiegend in der Sammelgruppe fünf.

Für eine Rückgewinnung der Inhaltsstoffe aus LEDs müsste die Behandlung vor der Verwertung angepasst werden. Andere als manuelle Verfahren zur Separierung von LEDs im Rahmen der Vorbehandlung sind derzeit nicht bekannt.

Mit dem System zur Sammlung von Gasentladungslampen über die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und den Handel bestand im Prinzip auch bereits ein Sammelsystem für LED-Lampen. Allerdings erfolgte die Erfassung der LED-Lampen bisher nicht von den GEL getrennt. (Nachtrag August 2013: Mit der Umbenennung der b2c-Gerätearten der Kategorie 5 ist eine gemeinsame Sammlung von GEL und LEDs in der Sammelgruppe 4 nicht mehr möglich.) Eine Unterscheidung zwischen gesammelten Sonderformen von Leuchtstofflampen erfolgt bei den Firmen LAREC und eds-r, womit potenziell eine Separationsmöglichkeit nach gemischter Sammlung der Lampenarten möglich wäre. Bei DELA erfolgt die Aufgabe von Sonderformen in die Behandlung aus der Gitterbox ohne Separierung einzelner Lampenarten.

Angesichts der derzeit anfallenden geringen Mengen von LED wird kein Defizit in der bestehenden Situation gesehen, in der LED nicht von anderen EAG-Sammelströmen getrennt gesammelt werden. Allerdings erscheint es angesichts des starken Mengenzuwachses bei LED-Lampen notwendig, schon jetzt Verfahren zur Separierung von LED bzw. zur Rückgewinnung von enthaltenen Wertstoffen zu entwickeln.

Hierzu sollten aus Verfahren zur Rückgewinnung von Bestandteilen von LED Getrenntsammlungsanforderungen entwickelt werden. Derzeit sind allerdings keine Rückgewinnungsverfahren bekannt.

Nachtrag August 2013: Zum 1. August 2013 hat die stiftung ear die b2c-Gerätearten der Kategorie 5 umbenannt. Demnach sind LED-Lampen nicht mehr wie bisher der Geräteart 5a, sondern der Geräteart 5b zuzuordnen. Daraus folgt, dass LED-Lampen nicht mehr in die Sammelgruppe 4, sondern in die Sammelgruppe 5 fallen. LED-Lampen, die mit Leuchten fest verbunden sind, sind ebenfalls in der Sammelgruppe 5 zu sammeln (vgl. stiftung ear 2013). Dies ist bei der Entwicklung von Rückgewinnungsroutinen für Bestandteile aus LED zu berücksichtigen.

[28] Die Restmüllanalyse wurde in einer Großstadt durchgeführt und deckte einen Jahreszeitraum nicht vollständig ab. Sie ist daher nicht als repräsentativ anzusehen. Andere Restmüllanalysen, die LED explizit ausweisen, sind nicht bekannt. Die Hochrechnung erfolgte aus der untersuchten Probenmenge auf die Gesamtmenge in Deutschland bzw. die Menge je Einwohner.

4.2 Xenon KFZ-Scheinwerferlampen

Xenon KFZ-Scheinwerferlampen enthalten teilweise in der Gasfüllung ca. 0,5 mg Quecksilbermetall (Sander et.al. 2000 S. 40, IPP 2001 S. 38). Seit ca. 5 Jahren sind quecksilberfreie Varianten am Markt.

Die Ausstattung von Fahrzeugen mit Xenonlampen zeigt die folgende Abbildung.

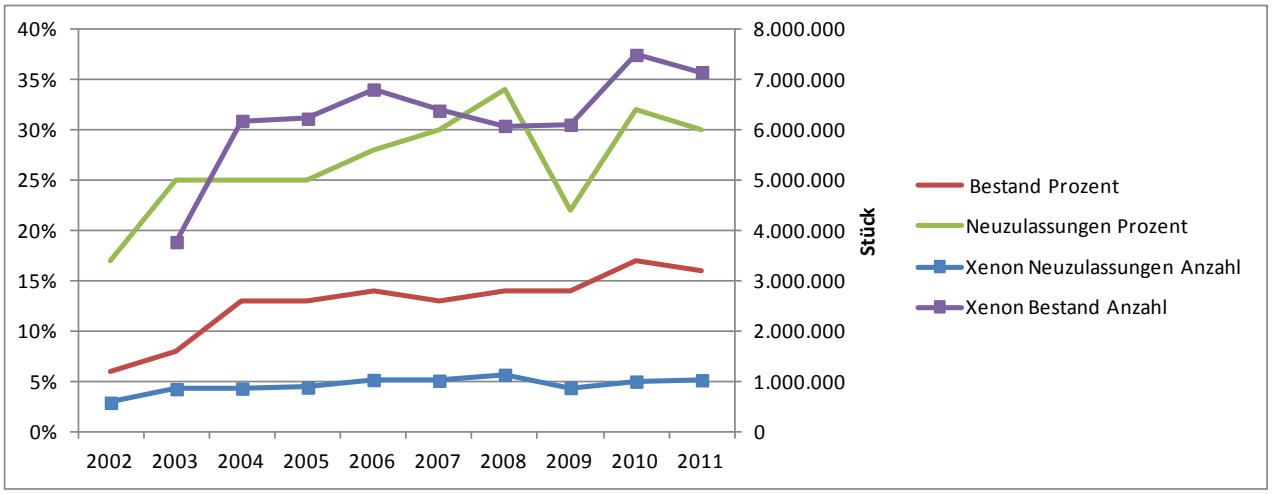


Abb. 33: Zeitreihe des Bestandes und der Neuzulassungen von PKW und LKW mit Xenon-Lampen (Datengrundlagen Dat-Reports und KBA 2012, eigene Darstellung)

Eine Differenzierung nach quecksilberhaltigen und -freien Systemen ist nicht verfügbar. Marktzahlen zu den inländisch verkauften Xenonlampen, die nach quecksilberhaltig und -frei differenzieren, werden nicht veröffentlicht. Bei einem durchschnittlichen Alter von endgültig abgemeldeten Autos von 12 Jahren ist aber davon auszugehen, dass derzeit nur quecksilberhaltige Lampen in den abgemeldeten Fahrzeugen enthalten sind (wenn sie Xenonlampen enthalten).

Empirisch-statistische Angaben zur Nutzungsdauer von Xenon-KFZ-Lampen sind nicht verfügbar. Im Unterschied zu „Glühlampen“ fallen Xenonlampen jedoch nicht plötzlich vollständig aus, sondern verlieren zunächst an Leuchtkraft. Der Austauschzeitpunkt wird daher in gewissem Maße durch die Subjektivität des Fahrers beeinflusst.

Geht man davon aus, dass Xenonlampen eine Nutzungsdauer von 10 Jahren haben, würden bei jedem Fahrzeug einmal die Lampen ausgetauscht, bevor sie entsorgt würden. Für Fahrzeuge, die exportiert werden, würden die Altlampen im Empfängerstaat anfallen.

Laut ZVEI (2001) soll der Austausch nur durch eine Fachwerkstatt erfolgen. Allerdings sind von allen Herstellern auch Austauschlampen für Privatpersonen verfügbar.

Xenon Lampen werden unter dem Abfallschlüssel „16 01 08* quecksilberhaltige Bestandteile“ entsorgt. Für das Jahr 2010 werden für diesen Abfallschlüssel keine Mengen vom Statistischen Bundesamt berichtet (DESTATIS 2012a).

Die Wahrscheinlichkeit, dass quecksilberhaltige Lampen in der Altautodemontage ausgebaut werden, wird aufgrund des Demontageaufwands als gering angesehen (Sander et.al. 2000 S. 41). Da Xenon Lampen überwiegend in hochpreisigen Fahrzeugen verbaut sind, ist die Wahrscheinlichkeit eines Exports überproportional hoch.

Für eine weitergehende Quantifizierung fehlen differenzierte Daten zu den exportierten und entsorgten Fahrzeugen (Größenklassen und Ausstattungsgrade) und zu den Anteilen quecksilberhaltiger und -freier Lampen nach Zulassungsjahren der Fahrzeuge.

Die bestehenden entsprechenden Demontagevorschriften für die inländische Behandlung sollten überwacht werden (z. B. durch unangemeldete Prüfung der Entfrachtung bei den Demontagebetrieben). Zusätzlich sollte eine Erhebung der demontierten Mengen erfolgen.

4.3 Beamerlampen

Um die Menge an Beameraltlampen zu schätzen, wurden verschiedene Ansätze verfolgt. Zunächst wurden die Produktions- und Außenhandelsstatistiken des Statistischen Bundesamtes ausgewertet sowie Informationen aus früheren Vorhaben gesichtet.

Die Außenhandelsstatistik weist die in der folgenden Tabelle dargestellten Mengen von Geräten aus, die in den letzten Jahren auf den deutschen Markt gebracht wurden[29]. Hier muss jedoch berücksichtigt werden, dass es statistische Umstellungen in 2009 gab, sodass die 2009er-Zahlen mit den danach folgenden nur begrenzt vergleichbar sind (Destatis 2012).

Tab. 15: Im- und Exporte von Beamern laut Außenhandelsstatistik (Destatis 2012)

Jahr	Warennummer	Klartext Warennummer	Ausfuhr in Stück	Einfuhr in Stück	Nettomenge
2007	WA85286100	Projektoren für Datenverarbeitungsmaschinen	94.501	100.080	5.579
	WA85286991	Videoprojektoren für schwarz-weißes u. a. Bild	1.928	20.456	18.528
	WA85286999	Videoprojektoren für mehrfarbiges Bild	10.600	37.292	26.692
	Summe pro Jahr				50.799
2008	WA85286100	Projektoren für Datenverarbeitungsmaschinen	99.708	125.249	25.541
	WA85286991	Videoprojektoren für schwarz-weißes u. a. Bild	377	49.527	49.150
	WA85286999	Videoprojektoren für mehrfarbiges Bild	14.275	80.093	65.818
	Summe pro Jahr				140.509
2009	WA85286100	Projektoren für Datenverarbeitungsmaschinen	38.367	19.653	18.714
	WA85286991	Videoprojektoren für schwarz-weißes u. a. Bild	234	95	139
	WA85286999	Videoprojektoren für mehrfarbiges Bild	34.147	190.568	156.421
	Summe pro Jahr				175.274
2010	WA85286100	Projektoren für Datenverarbeitungsmaschinen	9.917	8.133	1.784
	WA85286991	Videoprojektoren für schwarz-weißes u. a. Bild	539	361	178
	WA85286999	Videoprojektoren für mehrfarbiges Bild	76.785	366.171	289.386
	Summe pro Jahr				291.348
2011	WA85286100	Projektoren für Datenverarbeitungsmaschinen	7.701	9.527	1.826
	WA85286991	Videoprojektoren für schwarz-weißes u. a. Bild	1.626	52	1.574
	WA85286999	Videoprojektoren für mehrfarbiges Bild	86.016	336.518	250.502
	Summe pro Jahr				253.902

[29] Die Produktionsstatistik gab für die Jahre 2009 bis 2011 keine inländische Produktion von „Videoprojektoren“ (GP-Nummer GP09-264034200) an.

Laut NEC (2006) wurden in Deutschland im Jahr 2005 277.841 Beamer verkauft. Für die Quartale 1-3 des Jahres 2012 gibt das Marktforschungsinstitut Futuresource etwa 3.000.000 verkaufte Geräte an (Future Source 2012).

Um eine worst case-Schätzung zu erhalten, wurden für die weiteren Berechnungen die NEC- und Futuresource- Werte genommen und die fehlenden Werte interpoliert. Da Futuresource nur 75 % der 2012 umgesetzten Menge angegeben hat, wurde die Zahl entsprechend erhöht.

Für die Bestimmung der Altlampenmengen sind weiterhin Informationen über die Lampenlebensdauer sowie die Betriebsdauer pro Tag und pro Jahr notwendig. Casio (Grefen pers. com. 2011) rechnet im Mittel mit 3 Stunden Nutzung an 220 Tagen im Jahr für den privaten und professionellen Bereich. Die Lampenlebensdauer der Beamerlampen wird von vielen Herstellern mit 3.000 bis 5.000 Stunden angegeben (Idealo 2012). Dabei beschreibt die Lebensdauer den Zustand, wenn „50 Prozent der Lampen eines Testfeldes funktionstüchtig sind und gleichzeitig noch mehr als die Hälfte der Anfangshelligkeit erzeugen“ (Jahn 2005). Die Anforderung im Blauen Engel an die Lebensdauer der Leuchtmittel liegt bei 3.000 Stunden[30] (RAL 2012). In einem konservativen Ansatz wird im Folgenden die Mindestbrenndauer des Blauen Engels angenommen,

Die durchschnittliche reale Nutzungsdauer von Beamern wird im Zusammenhang mit dieser Studie mit 5 Jahren geschätzt[31]. Dies würde bedeuten, dass Lampenlebensdauer und Lebensdauer des Beamers etwa gleich lang sind und nur vergleichsweise wenige Beameraltlampen separat vom Gerät anfallen würden.

Ein großer Beamerersatzlampenhändler schätzt jedoch, dass deutschlandweit etwa 100.000 Ersatzlampen jährlich nachgefragt werden und dass die Lebensdauer einer Lampe aufgrund einer höheren Verwendungsdauer eher bei 2 Jahren als bei 5 Jahren liegt (Aiwanger pers. com. 2012). Demnach müssten pro Jahr in Deutschland über 2 Millionen Altlampen aus Beamern anfallen.

Das bestehende Sammelsystem für Leuchtstofflampen ist für die Erfassung von Beamerlampen gleichfalls geeignet.

In der Behandlung werden Beamerlampen entweder als Teil der Lampengruppe „Sonderformen“ behandelt (DELA) oder bei der manuellen Aufgabe bei eds-r und LAREC aussortiert und als Mischlampenformen behandelt.

Eine spezifische Behandlung von Beamerlampen im Unterschied zu anderen quecksilberhaltigen Gasentladungslampen erscheint nicht notwendig, da vergleichbare Bestandteile (mit anderen Mengenverhältnissen) in den verschiedenen Lampenformen vorhanden sind.

Informationen über die tatsächlich getrennt gesammelten und behandelten Beamerlampen sind nicht verfügbar. Im Rahmen des Projektfachgesprächs im Januar 2013 wurde betont, dass aufgrund der relativ hohen Quecksilbermengen (nach Aussage eines Herstellers beim Projektfachgespräch je nach Lampentyp und Leistungsfähigkeit zwischen 15 und 40 mg Quecksilber je

[30]Für Beamer mit weniger als 5.000 Lumen Lichtstrom.

[31]Dabei handelt es sich um eine konservative Schätzung auf der Basis von Schilling et.al. 2012.

Lampe) eine empirische Erhebung bei den Erstbehandlern von Lampen und von Beamern sinnvoll erscheint.

Beameraltlampen sollten als explizites Thema in die Öffentlichkeitsarbeit einbezogen werden. Hierbei sollte auch der professionelle Nutzungsbereich gezielt angesprochen werden. Hinsichtlich der Abgabemöglichkeit gilt das oben Gesagte (verpflichtete Rücknahme durch den Handel). Das bestehende Sammelsystem sollte gezielt für die Rücknahme beworben werden. **Wenn keine ausreichenden Erfassungsmengen in einem spezifischen Monitoring nachgewiesen werden können (Erhebung Erstbehandler), sollten aufgrund der hohen Quecksilbergehalte ökonomische Steuerungsinstrumente für quecksilberhaltige Beamerlampen erlassen werden.**

5 Quellen

Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 22 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist

ADR 2011: Anlage zur Bekanntmachung der Neufassung der Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) (in der ab dem 1. Januar 2011 geltenden Fassung)

Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 15 Absatz 89 des Gesetzes vom 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160) geändert worden ist

Aiwanger pers. com 2012, Telefonat mit Hr. Aiwanger von der Fa. Feldmann, Dezember 2012

Auricht 2012: Auricht, J. Verband kommunaler Unternehmen e.V. Abfallwirtschaft und Stadtreinigung VKS: Telefoninterview Dezember 2012

BBE 2012: BBE Handelsberatung: Aktuelle Einzelhandels-Richtwerte ausgewählter Branchen 2011in: Datpool BBE Handelsberatung 2011; München, 2011

Betriebssicherheitsverordnung vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777), die zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178) geändert worden ist

BGR 500: „Betreiben von Arbeitsmitteln“, Stand: Oktober 2004 (aktualisierte Fassung April 2008)

BHB 2012: Website des BHB - Handelsverband Heimwerken, Bauen und Garten e.V.http://www.bhb.org/markt-amp-statistik/branchenbarometer/gfk-report-2011/; Dezember 2012

bifa 2012: Schreiben von bifa Umweltinstitut an Lightcycle, Juli 2012

Destatis 2012, Genesis online download, November 2011

Destatis 2012a: Statistische Bundesamt Fachserie 19, Wiesbaden 2012

ELPRO pers.com. 2012: Gespräch mit Hrn. Schöps ELPRO GmbH Oktober2012

Futuresource 2012, http://www.ceatec.com/report_analysis/en/ra_120810.html, Dezember 2012

Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. April 2013 (BGBl. I S. 944) geändert worden ist

gemaba 2011: 29. BAUMARKT-STRUKTURUNTERSUCHUNG DER GEMABA, gemaba-Gesellschaft für Markt- und Betriebsanalyse mbH, Lev-Hitdorf, 2011

Grefen pers. comm 2011, persönliches Gespräch mit Hr. Grefen von Casio, April 2011

Idealo 2012, Abfrage bei Idealo.de, Dezember 2012

IPP 2001: Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern: integrierte produktpolitik - instrumente aus der praxis am beispiel automobil, München, 2001

Jahn, R. 2005: Unter Hochdruck- wie Beamerlampen funktionieren und länger halten, c’theft 13, 2005

KBA 2012: Fahrzeugstatistik des KBA, http://www.kba.de/cln_030/nn_191078/DE/Statistik/Fahrzeuge/fahrzeuge__node.html?__nnn=true, Dezember 2012

Lightcycle (o.J.): Infoblatt „Altlampen retour“, www.lightcycle.de Dezember 2012

Lightcycle 2006: Infoblatt „Annahmebedingungen“ (Stand 29.06.2006), www.lightcycle.deDezember 2012

Lightcycle 2007: Lightcycle Geschäftsbericht 2007

Lightcycle 2009: Lightcycle Geschäftsbericht 2009

Lightcycle 2010: Lightcycle Geschäftsbericht 2010

Lightcycle 2011: Infoblatt „Informationen zum ADR 2011“ (Stand 18.02.2011), www.lightcycle.deDezember 2012

Lightcycle 2012: Lightcycle Geschäftsbericht 2012

NEC 2006, http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?pfach=1&n_firmanr_=25&sektor=pm&detail=1&r=220698&sid=&aktion=jour_pm&quelle=0, Dezember 2012

Nielsen 2011: HANDEL VERBRAUCHER WERBUNG Deutschland 2011, Frankfurt (Main), 2011

RAL 2012, Vergabegrundlage für Umweltzeichen Digitalprojektoren (Beamer) RAL –UZ 127, Ausgabe August 2012, http://www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/vergabegrundlage.php?id=256

Recycling Magazin 2012: Recycling Magazin: Urban Mining im Pulver, Seite 20-21, Ausgabe 05/2012, www.recyclingmagazin.de/rm/magazin_artikel.asp?ID=3099&SID=445798192168100100

Recylum 2011: Collecte et recyclage des lampes usagées, enjeux, réglementation et solutions pratiques, Januar 2011

Recylum 2011a:Rapport d’activité 2011, http://www.recylum.com/recylum/rapports-activite-recylum/, Letzter Zugriff am 13.12.2012

Recylum 2012: Homepage der Firma Recylum, www.recylum.com, Dezember 2012

ReStra 2013: Sander, K., e.a.: Ermittlung von Substitutionspotenzialen von primären strategischen Metallen durch Sekundärmaterialien FKZ 3711 93 339, unveröffentlicht

Rhodia 2011: Rhodia and Umicore: Umicore and Rhodia develop unique rare earth recycling process for rechargeable batteries. Press Release. http://www.rhodia.com/en/news_center/news_releases/Umicore_rare_earth_160611.tcm, Juli 2012

Rhodia 2012-1: Solvent Extractions. http://www.rhodia.com/en/binaries/silcea_liquid_liquid_extraction_EN.pdf, März 2012

Rhodia 2012-2: Finishing. http://www.rhodia.com/en/binaries/silcea_terres_rares_finishing_EN.pdf, März 2012

Rhodia 2012-3: Expertise & Innovation. http://www.rhodia.com/en/markets_and_products/product_ranges/Rare_Earths_Expertise_and_Innovation.tcm, März 2012

Sander et.al. 2000: Sander, K., Lohse, J., Pirntke, U.: Heavy Metals in Vehicles - Final Report, Brüssel, 2000

Sander/Wagner 2011: Sander, K., Wagner, J., Spengler, L., Süsser, D., Kügler, T., Reichenbach, J.: Ermittlung einer Datenbasis für Gasentladungslampen bzw. Hg-haltige Lampen, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungskennzahl (Sachverständigengutachten) 363 01 381, Dezember 2011

Schäfer 2012: Schäfer, R.: Der kundenorientierte Wertstoffhof – wichtiger Bestandteil kommunaler Abfallwirtschaft, Vortrag beim Fachseminar des Umweltkontors am 26. April 2012 in Berlin, Verband kommunaler Unternehmen e.V. Abfallwirtschaft und Stadtreinigung VKS, Berlin, 2012

Schäfer 2012a: Schäfer, R. Verband kommunaler Unternehmen e.V. Abfallwirtschaft und Stadtreinigung VKS: Telefoninterview am 10.12.2012

Schilling et.al. 2012: Schilling, S., Jepsen, D.: Revision der RAL-UZ 127 Digitalprojektoren („Beamer“),Uf-oplan-Vorhaben FKZ 3709 95 302 Weiterentwicklung des Blauen Engel August 2012

Spengler et al. 2012: Spengler, L., Reihlen, A., Sander, K., Jepsen, D., Reintjes, N.: Expertise Leuchtdioden, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungskennzahl (UFOPLAN) 3709 93 306, Dessau, November 2012

SRU 2012: Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012 – Verantwortung in einer begrenzten Welt

stiftung ear 2013a: Fragen und Antworten: Elektro- und Elektronikgeräte: Welche Folgen hat die Umbenennung der b2c-Gerätearten der Kategorie 5 für die Hersteller?, http://www.stiftung-ear.de/service_und_aktuelles/fragen_und_antworten/elektro__und_elektronikgeraete/welche_folgen_hat_die_umbenennung_der_b2c_geraetearten_der_kategorie_5_fuer_hersteller, Juli 2013

stiftung ear 2013b: Pressemitteilung vom 01.08.2012, http://www.stiftung-ear.de/service_und_aktuelles/presse_und_termine, Juli 2013

Thullner 2012: Quecksilberemissionen aus Leuchtmitteln, In: inform – Das Magazin für Sicherheit und Gesundheit der Unfallkasse Hessen, Heft 4/Dez. 2012

Tichelen, P.: Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs - Lot 19: Domestic lighting, Brüssel, 2008

TRGS 520 (Technische Regeln für Gefahrstoffe): Errichtung und Betrieb von Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle, Ausgabe: Januar 2012, GMBl 2012 S. 102-115 [Nr. 7]

TRGS 900 (Technische Regeln für Gefahrstoffe): Arbeitsplatzgrenzwerte, Ausgabe: Januar 2006, zuletzt geändert und ergänzt: GMBl 2012 S. 715-716 [Nr. 40]

TRGS 903 (Technische Regeln für Gefahrstoffe): Biologische Grenzwerte, Ausgabe: Dezember 2006, geändert: GMBl 2011 S. 1024 [Nr. 49-51]

UBA 2010: Canter, J., et al.: Bewertung der Verpackungsverordnung - Evaluierung der Pfandpflicht, UBA Texte 20/2010, Dessau, 2010

UBA 2012a: Abfallwirtschaft - Statistik der grenzüberschreitenden Abfallverbringung - Basler Übereinkommen Letzte Änderung: 22.08.2012; http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/basel.htm, Dezember 2012

UBA 2013: Gallenkemper, B., Breer, J.: Analyse der Datenerhebung nach ElektroG über die Berichtsjahre 2009 und 2010 zur Vorbereitung der EU-Berichtspflicht 2012, UBA-Texte 28/2013, Dessau, 2013

USGS (2011): Rare Earth Elements – End Use and Recyclability. Scientific Investigations Report 2011 – 5094, Reston

VDI 2700 “Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen”, Ausgabe: 2004-11, Hrsg.: VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik

Walter, P. (2011): Rhodia recovers rare earths, http://www.soci.org/Chemistry-and-Industry/CnI-Data/2011/3/Rhodia-recovers-rare-earths, Juli 2012

WEEELABEX 2011: WEEE Forum: WEEELABEX normative document on Treatment V9.0, 2 May 2011; Brüssel, 2011

Welz, T., Hischier, R, Hilty, L.: Environmental impacts of lighting technologies — Life cycle assessment and sensitivity analysis, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Technology and Society Laboratory, in: Environmental Impact Assessment Review 31 (2011) 334–343

ZVEH 2012: Eichhorn, F.: Sachstand vom Juli 2006 und vom Dezember 2010 betreffs WEEE und Umsetzung ElektroG – speziell im Kontakt zu den Kommunen, pers. com. übersandt am 2.11.2012