

Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG)

Vollzugshilfe zum Stand der Technik



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG)

Vollzugshilfe zum Stand der Technik

Impressum

Rechtlicher Stellenwert

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU) – Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Projektleitung

Isabelle Baudin, Abteilung Abfall und Rohstoffe BAFU

Fachverantwortung

Isabel Junker, Isabelle Baudin, Michael Hügi; alle Abteilung Abfall und Rohstoffe BAFU

Bearbeitung

EMPA, Abteilung Technologie und Gesellschaft

Heinz Böni, Rolf Widmer, Andreas Bill

IPSO ECO AG, Wärmetauschergeräte

Erhard Hug, Niklaus Renner

Layout

Funke Lettershop AG

Titelbild

© Isabelle Baudin

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-2407-d

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2024

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	7 Lagerung	22
Vorwort	6	7.1 Witterungs- und Diebstahlschutz	22
1 Ausgangslage und Zielsetzung	7	7.2 Maximale Lagerbestände und Schütthöhen	22
2 Adressaten und Geltungsbereich	8	7.3 Gefahrenschutz	22
3 Rechtlicher Rahmen	9	7.4 Reinigung von Behältern	22
3.1 Gesetze und Verordnungen	9	8 Behandlung	23
3.2 Normen und technische Spezifikationen	9	8.1 Generelle Anforderungen	23
3.3 Merkblätter	11	8.2 Spezifische Anforderungen an einzelne EAG	24
3.4 Aktualisierung des Stands der Technik	11	8.3 Verwertung	27
4 Grundsätze der Entsorgung	12	8.4 Ablagerung	28
4.1 Rückgewinnungsziele	12	9 Leistungsindikatoren	29
4.2 Entsorgungspflicht	13	9.1 Grundsätze	29
4.3 Bewilligungspflicht	13	9.2 Behandlungsströme	29
4.4 Entsorgungswege	14	9.3 Recycling- und Verwertungsquoten (RVQ)	30
4.5 Entsorgungsverfahren	15	9.4 Verluste	31
4.6 Datenschutz	16	9.5 Rückgewinnungsquoten für Kälte- und Treibmittel	31
5 Sammlung	17	9.6 Ausbeuten bestimmter Metalle	31
5.1 Generelle Anforderungen	17	9.7 Quantitative Nachweise der Schadstoffabtrennung	31
5.2 Spezifische Anforderungen an einzelne EAG	19	10 Dokumentation	33
6 Transport	21	10.1 Allgemeine Anforderungen	33
6.1 ADR und SDR-Vorschriften	21	10.2 Betriebsorganisation	33
6.2 Transport in loser Schüttung	21	10.3 Entgegennahme, Umschlag, Lagerung und Weiterleitung	33
6.3 Ablad und Umschlag	21	10.4 Behandlung	33
		10.5 Materialbuchhaltung	35
		10.6 Meldepflichten	35
		11 Anhang	A1

Abstracts

The enforcement aid on the state of the art for the disposal of waste electrical and electronic equipment (WEEE) specifies the requirements for the disposal of such equipment. It covers all processes related to disposal, from the collection of old appliances and their treatment by disposal companies to their recycling or disposal. The enforcement aid is aimed at authorities and actors in the WEEE disposal system, in particular those subject to take-back and disposal obligations as well as disposal companies subject to the authorisation requirement under Article 8 of the Ordinance of 22 June 2005 on Movements of Waste (OMW; SR 814.610). It is intended to contribute to the environmentally sound recovery of WEEE and promote the appropriate preparation of secondary raw materials so that they can be reintroduced into the material cycle.

Keywords:

disposal, recycling, waste electrical and electronic equipment (WEEE)

Die Vollzugshilfe zum Stand der Technik der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG) präzisiert die Anforderungen an die Entsorgung solcher Geräte. Sie deckt sämtliche Prozesse im Zusammenhang mit der Entsorgung ab, von der Sammlung von Altgeräten über deren Behandlung durch Entsorgungsunternehmen bis hin zu ihrer Verwertung oder Entsorgung. Die Vollzugshilfe richtet sich an Behörden und Akteure im EAG-Entsorgungssystem, insbesondere an Rücknahmepflichtige und Entsorgungspflichtige sowie an Entsorgungsunternehmen, die der Bewilligungspflicht nach Artikel 8 der Verordnung vom 22. Juni 2005 über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) unterstehen. Sie soll zu einer umweltverträglichen Verwertung von EAG beitragen und die geeignete Vorbereitung von Sekundärrohstoffen fördern, damit diese wieder dem Stoffkreislauf zugeführt werden können.

Stichwörter:

Entsorgung, Verwertung, elektrische und elektronische Altgeräte (EAG)

L'aide à l'exécution relative à l'état de la technique en matière d'élimination des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) précise les exigences s'appliquant dans ce domaine. Elle couvre tous les processus liés à l'élimination : la collecte des appareils usagés, le transport, ainsi que le traitement par des entreprises d'élimination et, enfin, la valorisation définitive ou l'élimination. Cette aide à l'exécution s'adresse aux autorités et aux acteurs du système d'élimination des DEEE, en particulier aux personnes soumises aux obligations de reprendre et d'éliminer et aux entreprises d'élimination tenues de disposer d'une autorisation en vertu de l'art. 8 de l'ordonnance du 22 juin 2005 sur les mouvements de déchets (OMoD ; RS 814.610). Elle a pour but de favoriser une valorisation des DEEE respectueuse de l'environnement et une préparation adéquate des matières secondaires afin que celles-ci puissent être réintroduites dans le cycle des matières.

Mots-clés :

élimination, valorisation définitive, déchets d'équipement électrique et électronique (DEEE)

Il presente aiuto all'esecuzione precisa le esigenze per l'eliminazione dei RAEE, tenendo conto di tutti i processi: dalla raccolta degli apparecchi usati, al trasporto, al trattamento da parte delle imprese di smaltimento, fino alla valorizzazione definitiva o all'eliminazione. Il presente aiuto all'esecuzione è destinato alle autorità e agli operatori del sistema di smaltimento dei RAEE, in particolare alle persone soggette all'obbligo di ripresa e di eliminazione e alle imprese di smaltimento che devono disporre di un'autorizzazione ai sensi dell'articolo 8 dell'ordinanza del 22 giugno 2005 sul traffico di rifiuti (OTRif; RS 814.610). Il suo obiettivo è favorire una valorizzazione sostenibile dei RAEE e una preparazione adeguata delle materie secondarie per poterle reinserire nel ciclo dei materiali.

Parole chiave:

valorizzazione definitiva, eliminazione, rifiuti di apparecchi elettrici ed elettronici (RAEE)

Vorwort

Die wachsende Verbreitung vernetzter Objekte führt unweigerlich dazu, dass auch immer mehr elektronische Geräte ausgemustert werden. Laut dem Global E-Waste Monitor¹ fielen im Jahr 2022 weltweit mehr als 62 Millionen Tonnen Elektroaltgeräte (EAG) an. Im gleichen Jahr wurden allein in der Schweiz über 121 000 Tonnen EAG gesammelt und verwertet. Dies geht aus dem von SENS eRecycling und SWICO² veröffentlichten Fachbericht hervor. In anderen Worten: Jede und jeder von uns produziert im Durchschnitt rund 14 Kilo EAG pro Jahr.

Zur Bewältigung dieser Problematik gibt es drei Lösungsansätze: die Maximierung der Nutzungsdauer von Geräten, deren Wiederverwendung und schliesslich eine möglichst umweltverträgliche Entsorgung am Ende ihrer Lebensdauer.

Die Anforderungen an die Entsorgung von EAG sind in der Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG; SR 814.620) festgelegt. Die vorliegende Vollzugshilfe konkretisiert die VREG und soll zu einer schweizweit einheitlichen Behandlung von EAG beitragen. Ziel ist es, die Behandlung von EAG möglichst kreislauffähig auszugestalten, so dass die Rückgewinnung von Funktionen und Materialien begünstigt wird.

Der Prozess der «Vorbereitung zur Wiederverwendung von EAG» muss im Einklang mit den Grundsätzen einer gesunden Kreislaufwirtschaft aufgebaut werden. Darüber hinaus enthält die Vollzugshilfe Hinweise für Sammelstellen, die EAG der Reparatur zuführen möchten. Dank einer einheitlichen Anwendung der vorliegenden Vollzugshilfe, soll die illegale Ausfuhr von EAG verhindert und die umweltverträgliche Behandlung von EAG gewährleistet werden. Es ist vorgesehen, die vorliegende Vollzugshilfe periodisch an den jeweils aktuellen Stand der Technik anzupassen.

Rahel Galliker, Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

¹ The Global E-waste Monitor 2024 – E-Waste Monitor: <https://ewastemonitor.info>

² <https://www.erecycling.ch/dam/jcr:f58b9fe5-9729-42b1-95b8-a834e8b3db31/SENS-eRecycling-Fachbericht-2023.pdf>

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Auf den 1. Januar 2022 trat die revidierte Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG, SR 814.620) in Kraft. Die Verordnung besagt in Artikel 5, dass eine Entledigung eines Gerätes oder Bestandteils durch den Nutzer bei einem Rücknahmepflichtigen, einem Entsorgungsunternehmen oder einer öffentlichen Sammelstelle erfolgen muss. Mit der Entledigung werden Geräte und Bestandteile zu Abfall im Sinne von Artikel 7 Absatz 6 Umweltschutzgesetz (USG, SR 814.01). Geräte und Bestandteile, von denen die Nutzer und die Nutzerinnen sich entledigen, werden in dieser Vollzugshilfe zusammenfassend als Elektroaltgeräte (EAG³) bezeichnet. Als EAG gelten auch solche, welche fest in Bauten oder Fahrzeugen installiert oder fest mit sonstigen Gegenständen verbunden sind. Sie unterliegen der VREG, sofern deren Ausbau mit verhältnismässigem Aufwand möglich und deren stoffliche Verwertung nach dem Stand der Technik sinnvoll ist.

Artikel 6 VREG verlangt von den Rücknahmepflichtigen, dass sie EAG kostenlos zurücknehmen⁴. Die Rückgabe- und Rücknahmepflicht gilt nicht für Geräte und Bestandteile, die ausschliesslich für die berufliche oder gewerbliche Nutzung konzipiert sind (Art. 2 Abs. 3 VREG).

Gemäss Artikel 1 VREG müssen EAG umweltverträglich und nach dem Stand der Technik entsorgt werden. Die in EAG enthaltenen, verwertbaren Stoffe müssen, soweit dies technisch möglich, ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich tragbar ist, zurückgewonnen werden. Artikel 10 VREG präzisiert die Anforderungen an eine umweltverträgliche Entsorgung von EAG, insbesondere für deren getrennte Sammlung, die Entfernung von Schadstoffen, die Rückgewinnung von Rohstoffen sowie die Beseitigung nicht verwertbarer Bestandteile.

Das BAFU erlässt gemäss Artikel 13 VREG eine Vollzugshilfe, die Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen beschreibt, welche als umweltverträgliche Entsorgung nach dem Stand der Technik gelten. Es berücksichtigt dabei internationale Regulierungen, Branchenvereinbarungen und Labels. Rücknahmepflichtige, Entsorgungsunternehmen und öffentliche Sammelstellen müssen dem BAFU auf Verlangen nach dessen Vorgaben die für den Vollzug notwendigen Angaben über die entsorgten Geräte und Bestandteile unterbreiten (Art. 12 VREG). Die Anforderungen gemäss Artikel 10 und Artikel 12 VREG gelten für alle EAG.

Die Vollzugshilfe soll den Stand der Technik der Entsorgung von EAG in der Schweiz basierend auf Artikel 3 Buchstabe h und Artikel 10 VREG konkretisieren und präzisieren. Sie soll dazu beitragen, eine umweltverträgliche Entsorgung von EAG sicherzustellen. Sie beschreibt die Anforderungen an Sammlung, Transport und Behandlung von EAG und konkretisiert Anforderungen an die Entfernung und Entsorgung von Schad-, die Nutzung von Wertstoffen, sowie die allfällige Wiederverwendung von EAG.

3 Viele Elektrogeräte enthalten Bestandteile, die auch als eigenständige Geräte vorkommen bzw. in Verkehr gebracht werden, z. B. Netzteile, Laufwerke. Werden Bestandteile zu Abfall, fallen auch sie unter den umfassenden Begriff Elektroaltgeräte (EAG).

4 Rücknahmepflichten: (1) Hersteller und Herstellerinnen: Geräte und Bestandteile der von ihnen hergestellten oder eingeführten Marken; (2) Händler und Händlerinnen: diejenigen Geräte und Bestandteile, welche sie im Sortiment führen; (3) Detailhändler und Detailhändlerinnen: Geräte und Bestandteile der Art, die sie im Sortiment führen.

2 Adressaten und Geltungsbereich

Die Vollzugshilfe richtet sich an Behörden und betroffene Akteure im EAG-Entsorgungssystem, insbesondere an Rücknahmepflichtige und Entsorgungspflichtige nach Artikel 6 und Artikel 9 VREG und an bewilligungspflichtige Entsorgungsunternehmen nach Artikel 8 Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610). Die Vollzugshilfe erläutert Anforderungen an eine rechtskonforme EAG-Entsorgung.

Die Entsorgung umfasst gemäss Artikel 7 Absatz 6^{bis} USG die Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung. Diese Vollzugshilfe präzisiert die Anforderungen an die Entsorgung, einschliesslich besonderer Sorgfaltspflichten. Dies für alle Entsorgungsprozesse – von der Sammlung der EAG durch die Rücknahmepflichtigen, öffentliche Sammelstellen oder Entsorgungsunternehmen, über die Beförderung durch Transporteure sowie die Behandlung durch Entsorgungsunternehmen⁵ bis zur endgültigen Verwertung oder Beseitigung. Für bestimmte Gerätekategorien enthält die Vollzugshilfe in den Anhängen detailliertere Anforderungen.

5 Als Entsorgungsunternehmen gelten Unternehmen, die Geräte und Bestandteile zur Entsorgung entgegennehmen, ausgenommen öffentliche Sammelstellen, Transporteure und Rücknahmepflichtige (Art. 3 Bst. g VREG).

3 Rechtlicher Rahmen

3.1 Gesetze und Verordnungen

Im Bereich der EAG-Entsorgung sind nebst der VREG (SR 814.620⁶) insbesondere folgende rechtlichen Erlasse massgebend:

- Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (USG, SR 814.01)
- Bundesgesetz über den Datenschutz vom 25. September 2020 (Datenschutzgesetz, DSG, SR 235.1)
- Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung vom 5. Mai 1992 (0.814.05)
- Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe vom 17. Mai 2004 (POP-Konvention, SR 0.814.03)
- Verordnung zum Rotterdamer Übereinkommen über das Verfahren der vorherigen Zustimmung nach Inkennzeichnung für bestimmte Chemikalien im internationalen Handel (PIC-Verordnung SR 814.82),
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen vom 4. Dezember 2015 (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600),
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen vom 22. Juni 2005 (VeVA, SR 814.610),
- Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen vom 18. Oktober 2005 (SR 814.610.1)
- Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen vom 18. Mai 2005 (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV, SR 814.81),
- Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG, SR 814.50),
- Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV, SR 814.501),
- Verordnung über den Schutz vor Störfällen vom 27. Februar 1991 (StFV, SR 814.012)
- Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse vom 29. November 2002 (SDR, SR 741.621),
- Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse vom 20. Juli 1972 (ADR, 0.741.621).

3.2 Normen und technische Spezifikationen

Die Europäische Kommission hat im Januar 2013 dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) und dem Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) einen Auftrag zur Entwicklung von Normen für die Behandlung von EAG erteilt, um den europäischen Stand der Technik festzulegen. Ab Januar 2014 wurden die Normen und technischen Spezifikationen schrittweise erlassen und von der Schweizerischen Normen-Vereinigung automatisch übernommen (SN EN 50625)⁷. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über diese Normen und Technischen Spezifikationen.

Die wesentlichen Elemente, die in dieser Vollzugshilfe aus der Norm SN EN 50625 verwendet werden, sind Anforderungen an Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die den aktuellen Entwicklungsstand gemäss Artikel 3 Buchstabe h VREG (Stand der Technik) abbilden.

⁶ <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2021/633/de>

⁷ Siehe: Schweizerische Normen-Vereinigung – SNV

Tab. 1: Normen und technische Spezifikationen der Normenserie 50625 (Stand 2023⁸)

Bezeichnung	Titel
SN EN 50625-1:2014	Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an die Behandlung
SN EN 50625-2-1:2014	Anforderungen an die Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) – Teil 2-1: Anforderungen an die Behandlung von Lampen
SN EN 50625-2-2:2015	Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) – Teil 2-2: Anforderungen an die Behandlung von WEEE, die CRT und Flachbildschirmmodule enthalten
SN EN 50625-2-3:2017	Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) – Teil 2-3: Anforderungen an die Behandlung von Wärmeträgern und anderen Elektro- und Elektronik-Altgeräten die VFC und/oder VHC enthalten
SN EN 50625-2-4:2017	Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) – Teil 2-4: Anforderungen an die Behandlung von Photovoltaikmodulen
CLC/TS 50625-3-1:2016	Collection, logistics and treatment requirement for WEEE – Part 3-1: Specification for de-pollution. General*
CLC/TS 50625-3-2:2016	Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE) – Teil 3-2: Technische Spezifikation zur Schadstoffentfrachtung – Lampen
CLC/TS 50625-3-3:2017	Collection, logistics and treatment requirement for WEEE – Part 3-3: Technical specification for de-pollution. WEEE containing CRTs and FPDs*
CLC/TS 50625-3-4:2017	Collection, logistics and treatment requirement for WEEE – Part 3-4: Technical specification for de-pollution. Temperature exchange equipment*
CLC/TS 50625-3-5:2017	Collection, logistics and treatment requirement for WEEE – Part 3-4: Technical specification for de-pollution. Photovoltaic panels*
CLC/TS 50625-4:2017	Specification for the collection and logistics associated with WEEE*
CLC/TS 50625-5:2017	Anforderungen an die Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten (WEEE) – Teil 5: Spezifikation für die Endbehandlung der Fraktionen von Elektro- und Elektronik-Altgeräten

* zurzeit nur in Englisch verfügbar

Normen sind Ausdruck der vorherrschenden Auffassung der technischen Praktiken. Sie werden regelmässig von den zuständigen Normenorganisationen überprüft und aktualisiert und sind damit nicht automatisch mit dem Stand der Technik gleichzusetzen.⁹

⁸ Die Norm SN EN 50614:2020 «Anforderungen an die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE)» wurde am 7. Februar 2023 wieder zurückgezogen.

⁹ Siehe: *SNV Normung und Recht – der rechtliche Status von Normen (2013)*

3.3 Merkblätter

Die Branchenorganisationen¹⁰ haben Merkblätter entwickelt, welche die umweltverträgliche Entsorgung von EAG beschreiben. Analog zu den Normen sind Merkblätter Ausdruck der vorherrschenden Auffassung der aktuellen technischen Praktiken. Sie werden regelmässig überprüft und aktualisiert und sind nicht automatisch mit dem Stand der Technik gleichzusetzen.

3.4 Aktualisierung des Stands der Technik

Artikel 3 Buchstabe h VREG beschreibt als Stand der Technik den *aktuellen Entwicklungsstand von technologischen Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der bei vergleichbaren Anlagen oder Tätigkeiten im In- oder Ausland erfolgreich erprobt ist oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurde. Die entsprechenden Prozesse sollen auf andere Anlagen oder Tätigkeiten übertragen werden können, und für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche wirtschaftlich tragbar sein.*

Dank neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und wirtschaftlichem wie auch technologischem Wandel ändert sich der Stand der Technik fortlaufend. Inhaber und Inhaberinnen von Abfallanlagen müssen alle zehn Jahre prüfen, ob die Anlage noch dem Stand der Technik entspricht und gegebenenfalls die nötigen Anpassungen an der Anlage vornehmen (Art. 26 VVEA).

Künftig werden sich die Entsorgungsziele verstärkt an der Zirkularität und den durch die Material- und Energieströme induzierten Umweltauswirkungen orientieren. Diese Neuausrichtung schreitet rasch voran und wird den Stand der Technik der EAG-Entsorgung und deren Leistungsziele stark beeinflussen und verändern. Dies bedingt eine periodische Aktualisierung dieser Vollzugshilfe. Das BAFU wird den Anpassungsbedarf regelmässig unter Einbezug der betroffenen Vertreter aus Wirtschaft, Forschung und Verwaltung prüfen. Notwendige Anpassungen werden den betroffenen Organisationen in einem konsultativen Prozess zur Stellungnahme unterbreitet.

10 Siehe: Downloads für Partner – SENS eRecycling; Dokumente und Downloads – INOBAT; Publikationen Recycling (swico.ch)

4 Grundsätze der Entsorgung

4.1 Rückgewinnungsziele

Die VREG strebt eine möglichst kreislauffähige Behandlung von EAG an. Im Vordergrund steht die Minimierung von Risiken und Verlusten bei der Rückgewinnung von Zielstoffen und Energien. Mit der Vorgabe einer Behandlung nach dem aktuellen Stand der Technik wird eine Verbesserung der dafür notwendigen Behandlungsverfahren angestrebt.

Artikel 10 Absatz 1 VREG legt die Anforderungen an die Entsorgung fest. Wenn es die Einhaltung dieser Anforderungen verlangt, sind einzelne EAG bereits bei deren Entgegennahme getrennt zu sammeln und zu lagern. EAG, welche gefährliche Bestandteile enthalten, müssen kontrolliert entnommen und gesondert entsorgt werden. Basis- und Edelmetalle, schadstofffreie Kunststoffe, mineralische Rohstoffe und Gläser müssen verwertet werden. Seltene Technologiemetalle¹¹ wie Indium, Gallium, Germanium, Neodym und Tantal müssen, wenn es dafür entsprechende Verfahren und Anlagen gibt, ebenfalls zurückgewonnen werden, sofern dies ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich tragbar ist.

Um Risiken für Menschen, Umwelt und Infrastrukturen zu minimieren, soll die EAG-Entsorgung mit dafür geeigneten Prozessen so durchgeführt werden, dass die folgenden drei Ziele optimal erreicht werden:

- Die Rückgewinnung von **Funktionen** (ganze Geräte oder Bestandteile) durch eine Vorbereitung zur Wiederverwendung von EAG. Zur Erhaltung der Möglichkeit einer Wiederverwendung von dafür geeigneten EAG dürfen diese während Sammlung, Umschlag und Transport nicht beschädigt werden.
- Die Rückgewinnung von **Materialien** durch ein Recycling oder eine andere stoffliche Verwertung, resp. durch eine Ausschleusung und Beseitigung von Schadstoffen. Zur Rückgewinnung von Materialien aus EAG oder Fraktionen müssen diese entsprechend vorbehandelt und die Zielmaterialien¹² entfernt werden. Ein Behandlungsverfahren, bei welchem Zielmaterialien, insbesondere Schadstoffe, unkontrolliert freigesetzt und verschleppt werden, ist unzulässig.
- Die Rückgewinnung von **Energie** durch energetische Verwertung. Zur Rückgewinnung von Energie müssen brennbare Fraktionen in möglichst effizienten Wärmenutzungen verwertet werden. Für daraus entstehende Materialien gelten die vorgenannten Anforderungen an deren Rückgewinnung.

EAG werden entlang eines Behandlungsstroms verarbeitet, bis alle Anteile entweder funktional, stofflich oder energetisch verwertet oder beseitigt sind. Die Zielmaterialien sind in unterscheidbaren und kontrollierbaren Teilströmen möglichst verlustlos anzureichern, damit Schadstoffe entfernt und umweltverträglich entsorgt und Wertstoffe zurückgewonnen werden können. Teilströme gelten dann als unterscheid- und kontrollierbar, wenn sie überwacht werden können, um ihre umweltverträgliche Behandlung zu überprüfen.

¹¹ Seltene Technologiemetalle umfassen solche, die geochemisch selten (< 100 ppm in der Erdkruste, gemäß Skinner 1979) und für zukünftige Technologieentwicklungen unabdingbar sind; u.a. die Edelmetalle (Gold, Silber, Palladium, Platin), die Seltenerdmetalle (z. B. Neodym, Samarium, Dysprosium) und viele weitere, häufig lediglich in Kleinstmengen verwendete Metalle (z. B. Indium, Gallium, Germanium, Tantal).

¹² Zielmaterialien bezeichnen diejenigen Stoffe (Wert- und Schadstoffe), Gemische und Bestandteile, welche im gesamten Behandlungsprozess gezielt stofflich oder energetisch verwertet oder beseitigt werden müssen. Es kann sich sowohl um klassische Wertstoffe wie Kupfer, Aluminium oder Eisen, als auch um Schadstoffe wie Quecksilber, Cadmium oder PCB handeln.

4.2 Entsorgungspflicht

Gemäss Artikel 7 Absatz 6 USG gelten «bewegliche Sachen, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist» als Abfall. Mit der Abgabe von Geräten und Bestandteilen durch den Inhaber und deren Entgegennahme durch Rücknahmepflichtige, Sammelstellen oder Entsorgungsunternehmen wird der Entledigungswille des Inhabers zum Ausdruck gebracht. Mit der Entledigungshandlung geht ein Elektrogerät (EG) als Elektroaltgerät (EAG) in die Entsorgung. Die Entsorgung umfasst gemäss Artikel 7 Absatz 6^{bis} USG unter anderem die Verwertung der Abfälle¹³. Zur Verwertung gehört auch die Rückgewinnung der Funktionen von EAG, die sich zur Wiederverwendung eignen¹⁴.

Gemäss Artikel 9 Absatz 1 und 2 VREG müssen Rücknahmepflichtige, Entsorgungsunternehmen¹⁵ und öffentliche Sammelstellen jene EAG, die sie nicht anderen Rücknahmepflichtigen übergeben, entsorgen.

4.3 Bewilligungspflicht

Gemäss Artikel 8 Absatz 1 VeVA benötigen Entsorgungsunternehmen, die Sonderabfälle oder andere kontrollpflichtige Abfälle entgegennehmen, für jede Betriebsstätte eine Bewilligung der kantonalen Behörde.

Von Behörden bezeichnete Sammelstellen sowie Rücknahmepflichtige benötigen für die Entgegennahme von EAG gemäss Artikel 8 Absatz 2 VeVA keine Bewilligung, sofern sie diese lediglich zwischenlagern. Diese dürfen an den EAG jedoch keine Behandlung vornehmen. Die Entfernung von Bestandteilen (z. B. Kabel, Batterien) oder die Triage von Geräten unbekannten Zustands in Gebrauchtware oder Abfall gilt bereits als Abfallbehandlung und ist an Sammelstellen ohne Bewilligung nicht zulässig.

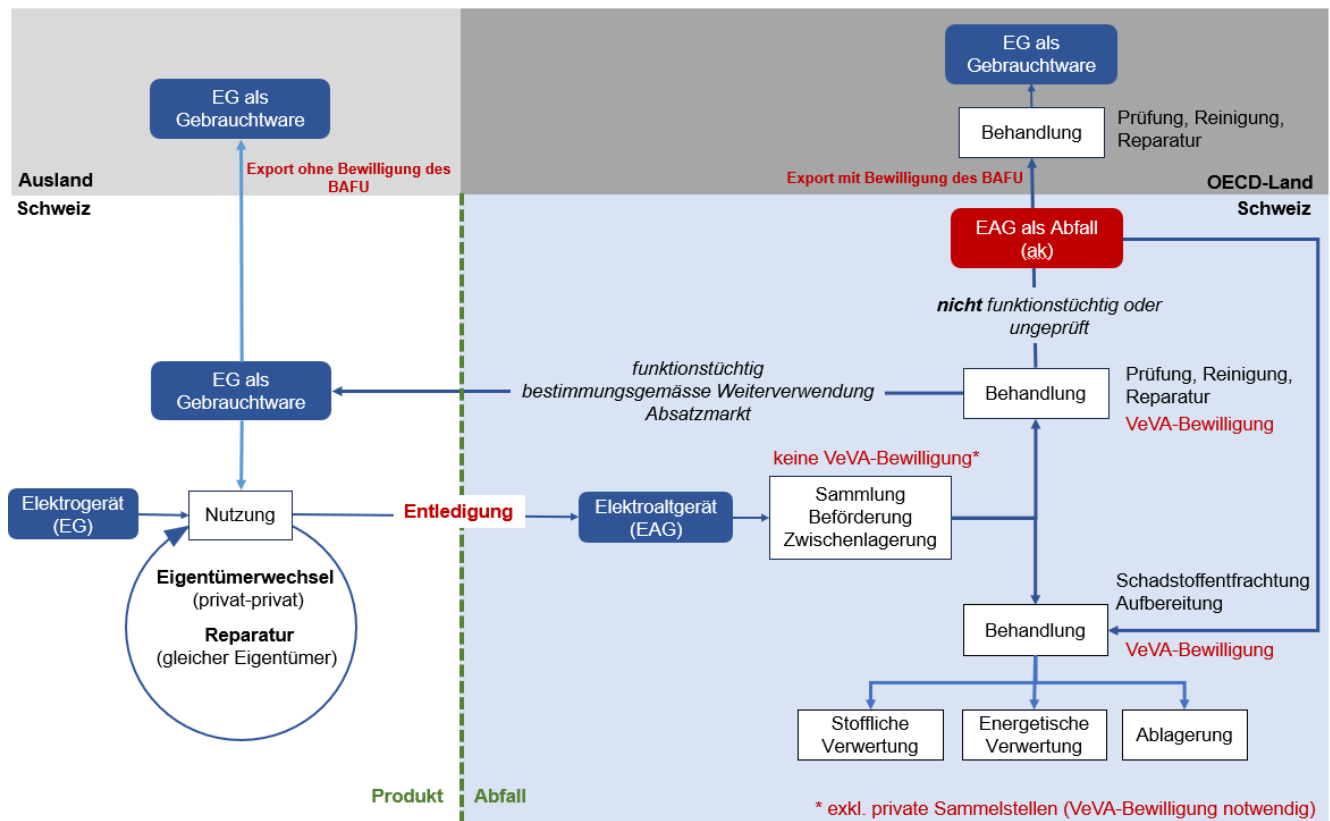
¹³ Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung. Als Behandlung gilt jede physikalische, chemische oder biologische Veränderung der Abfälle.

¹⁴ Siehe: Vereinigung für Umweltrecht; Kommentar zum Umweltschutzgesetz – III. Schlüsselbegriffe des Abfallrechts; 2. Auflage; Schulthess Juristische Medien AG (2004)

¹⁵ Dazu zählen laut erläuterndem Bericht zur VREG auch «private Sammelstellen» d. h. andere als «öffentliche Sammelstellen». Hingegen sind öffentliche Sammelstellen, Transporteure und Rücknahmepflichtige explizit keine Entsorgungsunternehmen.

4.4 Entsorgungswege

Abb. 1: Entsorgungswege von Elektrogeräten



Wenn sich der Besitzer des Geräts entledigt, wird es zu einem Elektroaltgerät (EAG) und geht als Abfall in die Entsorgung (dazu gehört gemäss Art. 7 Abs. 6^{bis} USG auch die Verwertung sowie deren Vorstufen). Die Entledigung erfolgt, indem der Eigentümer oder die Eigentümerin das Gerät an Rücknahmepflichtige, Entsorgungsunternehmen oder öffentlichen Sammelstellen übergibt.

Nach den Stufen der Sammlung, Beförderung und Zwischenlagerung werden EAG behandelt. Die Behandlung der EAG beinhaltet entweder nach einer Schadstoffentfrachtung und Aufbereitung eine Rückführung der Bestandteile oder Materialien in den industriellen oder natürlichen Stoffkreislauf (stoffliche und energetische Verwertung) oder bei mutmasslicher Eignung die Vorbereitung zur Wiederverwendung, welche die Schritte Prüfung, Reinigung und allenfalls Reparatur umfasst.

Ein Gerät wird mit der Übergabe an einen Rücknahmepflichtigen, an ein Entsorgungsunternehmen oder an eine öffentliche Sammelstelle zu Abfall im Sinne von Art. 7 Abs. 6 USG, unabhängig vom Zustand des Geräts. Geräte, die als Abfall gelten, dürfen nur mit Bewilligung des BAFU exportiert werden. Ein Export kann gemäss Artikel 14 Absatz 1 VeVA nur in Staaten, die Mitglied der OECD oder der EU und die zudem Vertragsparteien¹⁶ des Basler Übereinkommens sind, bewilligt werden.

Demgegenüber ist in folgenden Fällen davon auszugehen, dass (noch) kein Abfall, sondern weiterhin ein Produkt vorliegt, weshalb die Abfallgesetzgebung (einschliesslich der VREG) nicht zur Anwendung kommt: Durch Eigengebrauch, Reparatur ohne Besitzerwechsel oder einen Besitzerwechsel von einem funktionstüchtigen Gerät bleibt ein Elektrogerät (EG) in der Nutzungsphase¹⁷. EAG, welche funktionstüchtig¹⁸ sind, für welche ein Absatzmarkt besteht und welche im unmittelbaren Wirtschaftsverkehr bestimmungsgemäss weiterverwendet werden, können als Gebrauchtware weiter genutzt werden¹⁹.

Das trifft zum Beispiel dann zu, wenn der Eigentümer oder die Eigentümerin

- ein funktionstüchtiges Gerät in einem Brockenhaus abgibt und dieses im Ist-Zustand weiterverkauft wird,
- ein funktionstüchtiges Gerät über eine Online-Plattform verkauft,

Dies gilt auch für den Fall, dass die Eigentümerin oder der Eigentümer ein defektes Gerät einem Händler/einer Händlerin oder Hersteller/Herstellerin übergibt und es nach der Reparatur wieder zurückerhält.

4.5 Entsorgungsverfahren

Um eine möglichst hohe Wertstoffausbeute und Schadstoffabscheidung bei der Behandlung von EAG zu erreichen, soll die Entsorgung gemäss Artikel 10 VREG derart ausgelegt und betrieben werden, dass besonders wert-²⁰ oder schadstoffstoffhaltige²¹ EAG frühzeitig und vollständig aus dem Behandlungsstrom separiert werden können. Dies bedingt u.U. eine gerätespezifische Triage.

Zielmaterialien²² müssen so entfernt werden, dass sie als unterscheidbarer Strom oder unterscheidbarer Teil eines Stroms am Ende der Behandlung separat vorliegen. Dies bedingt u.U. eine mechanische Behandlung von EAG mit ähnlichen Zusammensetzungen in einem gleichen Behandlungsstrom und mit demselben Behandlungsprozess

16 Zumindest muss mit denen eine Übereinkunft nach Artikel 11 des Basler Übereinkommens bestehen (Art. 14 Abs. 1 Bst. b VeVA).

17 Geschäfte, die Occasionsgeräte annehmen (wie z. B. Brockenhäuser) und wiederverkaufen, handeln mit gebrauchstüchtigen Produkten. Es handelt sich um die Weggabe gebrauchstüchtiger Sachen im unmittelbaren Wirtschaftsverkehr zur bestimmungsgemässen Weiterverwendung. D. h. es liegt kein Abfall vor. Es kann sein, dass solche Geschäfte später selbst zu Abfallerzeugern werden, wenn sie die nicht funktionierenden Geräte zur Entsorgung übergeben.

18 Ein Gerät wird als funktionstüchtig bezeichnet, wenn es für den bestimmungsgemässen Gebrauch wiederverwendet werden kann.

19 Siehe: BAFU; *Export von Konsumgütern – Gebrauchtware oder Abfall?* 2. aktualisierte Ausgabe, April 2016

20 Wertstoffhaltige Geräte sind z. B. Smartphones, Tablets, Laptops, Grossdrucker; schadstoffhaltige EAG sind z. B. Bildschirme mit Hg-Hintergrundbeleuchtung, Klimageräte, asbesthaltige Geräte, Mikrowellengeräte.

21 Als besonders schadstoffhaltig gelten Komponenten in EAG, die Stoffe enthalten, die z. B. in der ChemRRV geregelt sind (z. B. POP Ann. 1.1, Kondensatoren Ann. 2.14 ChemRRV).

22 Zielmaterialien sind beispielsweise hochwertige Leiterplatten, reine Metalle oder Bestandteile mit seltenen technischen Metallen (wie z. B. Neodym-Magnete), technische Kunststoffe (wie z. B. PMMA aus Flachbildschirmen), Hg-haltige Hintergrundbeleuchtungen oder Kunststoffteile mit bromierten Flammenschutzmitteln.

4.6 Datenschutz

Mit der Entledigung von EAG an Sammelstellen, bei Rücknahmepflichtigen oder Entsorgungsunternehmen übergibt der Abgeber oder die Abgeberin die Eigentumsrechte am EAG an den Empfänger oder die Empfängerin und damit verbunden das Verfügungs- und Nutzungsrecht am EAG.

Der Abgeber oder die Abgeberin von EAG mit Datenträgern kann den Datenschutz vor der Entledigung selbst sicherstellen, indem er oder sie die entsprechenden Daten löscht oder durch Dritte löschen lässt.

Die Rücknahmepflichtigen, die Betreiber von privaten Sammelstellen sowie die Entsorgungsunternehmen müssen bei EAG mit Datenträgern, die ihnen übergeben wurden und auf denen Personendaten gespeichert sind, die Vorgaben des Bundesgesetzes über den Datenschutz vom 25. September 2020 (Datenschutzgesetz, DSG) (SR 235.1) einhalten. Betreiber von öffentlichen Sammelstellen müssen die jeweiligen kantonalen Datenschutzvorschriften einhalten. Das heisst für diejenigen Entsorgungsunternehmen, welche EAG mit Datenträgern entgegennehmen, auf denen sich besonders schützenswerte Personendaten befinden könnten, dass sie für den Schutz dieser Daten verantwortlich sind. Sie müssen dafür sorgen, dass besonders schützenswerte Personendaten in keinem Fall an unberechtigte Dritte gelangen können.

Der Datenschutz an Sammelstellen kann sichergestellt werden, indem die zurückgenommenen EAG durch abschliessbare Behälter oder Bereiche vor Diebstahl geschützt werden.

Die Datenlöschung bei Entsorgungsunternehmen erfolgt bei der Vorbereitung zur Wiederverwendung ohne Zerstörung des Datenträgers oder in der mechanischen Behandlung durch mechanische Zerstörung des Datenträgers. Es sind auch andere Methoden zulässig, sofern diese die dauerhafte Beseitigung der Daten sicherstellen.

Werden Daten aus Datenträgern im EAG während der Entsorgung oder danach missbräuchlich verwendet, liegt unter Umständen eine strafbare Handlung vor. Wird der Datenschutz durch die Betreiber der Entsorgungsanlagen ungenügend gewährleistet (Vorkehrungen gegen Missbrauch), ist dies eine Nichteinhaltung des Standes der Technik und kann ebenfalls eine Rechtsverletzung darstellen.

5 Sammlung

5.1 Generelle Anforderungen

5.1.1 Rückgabe- und Rücknahmepflicht

Wollen Endverbraucher und Endverbraucherinnen sich eines EAG entledigen, müssen sie dieses gemäss Artikel 5 VREG entweder an Rücknahmepflichtige (d. h. Hersteller und Herstellerinnen, Händler und Händlerinnen, Detailhändler und Detailhändlerinnen), Entsorgungsunternehmen oder öffentlichen Sammelstellen zurückgeben²³.

Entsorgungsunternehmen und öffentliche Sammelstellen haben keine Verpflichtung zur Rücknahme von EAG. Demgegenüber müssen gemäss Art. 6 VREG Hersteller und Herstellerinnen EAG der von ihnen hergestellten oder eingeführten Marken kostenlos zurücknehmen. Händler und Händlerinnen sowie Detailhändler und Detailhändlerinnen müssen nur EAG der Art, die sie im Sortiment führen, kostenlos zurücknehmen. Hersteller und Herstellerinnen und Händler und Händlerinnen können Dritte mit der Rücknahme beauftragen.

Die EAG-Rückgabe ist für Endverbraucher und Endverbraucherinnen bei Rücknahmepflichtigen kostenlos. Die kostenlose Rücknahme von Bestandteilen aus gewerbsmässiger Gerätezerlegung kann von Rücknahmepflichtigen verweigert werden. Solche EAG oder Bestandteile, müssen von den Inhabern auf eigene Kosten und gemäss Artikel 10 VREG entsorgt werden.

Rücknahmepflichtige müssen zurückgenommene EAG auf eigene Rechnung der Entsorgung zuführen. Sie können dies auch im Rahmen einer Branchenorganisation sicherstellen.

Mit der Handlung der Entledigung von EAG geht deren Eigentum an den Abnehmer.

²³ Detailhändler und Detailhändlerinnen sind in Artikel 5 VREG (Rückgabepflicht) nicht explizit erwähnt. Aus Artikel 6 VREG (Rücknahmepflicht) lässt sich jedoch ableiten, dass eine Rückgabepflicht auch an Detailhändler und Detailhändlerinnen besteht. Ohnehin handelt es sich bei diesen um eine Unterkategorie von Händlerinnen und Händlern (vgl. Definition in Art. 3 Bst. e VREG).

5.1.2 Umgang mit EAG

Aus Artikel 10 VREG ergibt sich, dass Risiken bei Sammlung, Transport (inkl. Be- und Abladen) sowie Zwischenlagerung der EAG bis zum Erstbehandler zu minimieren und dafür geeignete Hilfsmittel, Behälter und Befestigungen²⁴ zu verwenden sind.

Ziele zur Minimierung der Risiken sind:

- Beschädigungen der EAG und insbesondere der darin enthaltenen gefährlichen Bestandteile zu verhindern, um folgende Risiken auszuschliessen:
 - Eine Freisetzung und Verschleppung von Schadstoffen (z. B. Auslaufen von Säuren oder Freisetzung von Quecksilber bei Glasbruch, Entweichen von Kältemitteln aus Wärmeträgergeräten),
 - das Entzünden brennbarer Materialien (z. B. durch elektrische Kurzschlüsse) sowie
 - Ex- und Implosionen (z. B. Bruch von Druckbehältern oder Vakuumröhren).
- Nachfolgende Behandlungen nicht zu verunmöglichen bzw. nicht unnötig zu erschweren, insbesondere:
 - Eine Vorbereitung zur Wiederverwendung von EAG gemäss den Bestimmungen in Kapitel 5.1.4 sowie
 - die Entfernung gefährlicher oder die Verwertung wertvoller Bestandteile.

Bei der Sammlung dürfen EAG nicht mit anderen Abfällen in denselben Behältern befördert werden.

Abhängig von der Grösse, Komplexität und Angebotsbreite der Sammelstelle sollte geschultes Personal zugegen und eine nachweisbare Qualitätssicherung der EAG-Sammlung vorhanden sein.

5.1.3 Behälter für die Sammlung von EAG

EAG können immer Schad- und Wertstoffe enthalten. Sie müssen deshalb in geeigneten Behältern, welche ein Austreten von Schadstoffen aus den Geräten wirksam verhindern, gesammelt und transportiert werden. Zudem ist durch die Verwendung geeigneter Behälter und deren korrekte Beladung die Brandgefahr durch Lithium-Ionen-Batterien zu minimieren. Bei Batterien müssen diese Behälter ausreichend gross, brandsicher, auslaufsicher und mit einem Druckventil versehen sein.

Die Behälter müssen derart befüllt sein, dass EAG nicht herausfallen können. Seiten- sowie Bodenflächen müssen je nach Art der gesammelten EAG ausreichend dicht sein, z. B. mit reissfester Innenfolie bei Gitterrahmen oder Bodenabdeckungen bei Holzpaletten. Behälter für grosse EAG müssen entsprechend der Art der EAG und der damit verbundenen Risiken beim Transport gewählt werden.

5.1.4 Sammlung von Geräten zur Wiederverwendung

Für Rücknahmepflichtige wie auch öffentliche und private Sammelstellen oder Entsorgungsunternehmen, welche Geräte und Bestandteile entgegennehmen und diese wieder in Verkehr bringen wollen, wurden die Anforderungen gemäss Tab. 2 erstellt.

Falls Rücknahmepflichtige oder öffentliche Sammelstellen diese lediglich entgegennehmen und zwischenlagern, dürfen sie dies ohne Bewilligung tun (Art. 8 Absatz 2 VeVA). Sobald sie jedoch die EAG behandeln, also weitere Tätigkeiten wie beispielsweise eine Reparatur oder einen Ausbau von Bestandteilen ausführen, müssen sie über eine Bewilligung der kantonalen Behörde verfügen.

²⁴ Darunter fallen z. B. Hebe- und Beförderungsmittel, Behälter und Lagersysteme

Tab. 2: Anforderungen an eine Wiederverwendung von EAG

Hinweis an den Abgeber	Der Abgeber/die Abgeberin des EAG ist auf die mögliche Wiederverwendung von EAG und Bestandteilen hinzuweisen.
Entscheid zur Wiederverwendung bei EAG mit Datenträgern	EAG mit Datenträgern dürfen nur mit Einverständnis des Abgebers/der Abgeberin einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden. Den Rücknahmepflichtigen und Sammelstellen und den Entsorgungsunternehmen ist es nicht erlaubt, aus dem Strom der abgegebenen EAG mit Datenträgern solche für eine Wiederverwendung ohne Zustimmung des Abgebers/der Abgeberin auszusortieren.
Trennung der EAG für eine Wiederverwendung von EAG für eine stoffliche Verwertung	Bei der Abgabe der EAG soll klar getrennt werden zwischen: EAG für eine (potenzielle) Vorbereitung zur Wiederverwendung EAG für eine stoffliche Verwertung.
Lagerung von EAG zur Wiederverwendung	Die Lagerung von EAG zur Wiederverwendung darf nicht frei zugänglich sein, um eine unkontrollierte Weitergabe von Geräten und Bestandteilen zu verhindern und den Datenschutz zu gewährleisten.
Einschränkungen der Geräte für eine Wiederverwendung	Bei der Entgegennahme von Geräten zur Vorbereitung zur Wiederverwendung sollen, sofern entsprechendes Personal vorhanden ist, Geräte ausgeschlossen werden, die verbotene Schadstoffe enthalten oder für die aufgrund ihres Alters oder ihres Zustands keine Nachfrage für eine Wiederverwendung besteht. Diese müssen, soweit möglich und sinnvoll, der stofflichen Verwertung zugeführt werden.
Weitergabe und vertragliche Regelung	Zur Sicherstellung einer umweltverträglichen und datenschutzkonformen Vorbereitung zur Wiederverwendung gemäss dem Stand der Technik soll die Weitergabe der EAG zu einem Behandlungspartner vertraglich geregelt sein. Ohne vertragliche Regelung mit einem Behandlungspartner sollten weder Rücknahmepflichtige noch Sammelstellen EAG weitergeben. Der Behandlungspartner muss eine Entsorgungsbewilligung gemäss Artikel 8 VeVA für die Behandlung von EAG verfügen.
Verpackung und Transport	EAG, die für eine Wiederverwendung vorgesehen sind, sollten entsprechend den Anforderungen der Behandlungspartner vorbereitet, d. h. auch entsprechend gesammelt, verpackt und transportiert werden, damit sie während des Transports nicht beschädigt werden.

5.2 Spezifische Anforderungen an einzelne EAG

5.2.1 Asbesthaltige EAG

Asbesthaltige EAG und potenziell asbesthaltige EAG sind, wenn möglich, frühzeitig²⁵ von den übrigen Geräten zu separieren und die Freisetzung von Asbest ist auf geeignete Weise zu verhindern. Die Geräte sind unter Einhaltung der entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen und Anweisungen der Suva gesondert zu entsorgen²⁶. EAG, welche freie oder sich freisetzende Asbestfasern enthalten (z. B. Elektroverteiler, Schalter und Elektrozubehör, Kochherde, Waschmaschinen, Speicheröfen), sind Sonderabfälle gemäss VeVA. Sie dürfen nur an Betriebe übergeben werden, welche über eine Annahmewilligung für den LVA Code 16 02 12 [S] verfügen.

5.2.2 Wärmetauschergeräte

(vgl. Anhang 3)

Wärmetauschergeräte²⁷ sind von den übrigen EAG getrennt zu sammeln. Durch eine geeignete Lagerung (z. B. vertikal) in Containern, Lastwagen oder Paletten ist eine Beschädigung der Geräte möglichst zu verhindern.

²⁵ Bei Sammelstellen, falls entsprechendes Personal vorhanden ist oder bei der Annahme im Entsorgungsunternehmen

²⁶ *Lebenswichtige Regeln zum Umgang mit Asbest im Recycling, Suva 2017*

²⁷ Z. B. Kühl-, Gefrier- und Klimageräte (16 02 11 [ak])

5.2.3 Bildschirmgeräte

(vgl. Anhang 4)

Bildschirmgeräte²⁸ sind, wo es die Platzverhältnisse erlauben, in separaten Gebinden zu sammeln und zu transportieren. Auf diese Weise wird die Gefahr einer möglichen Beschädigung, bei welcher Schadstoffe freigesetzt werden könnten, möglichst geringgehalten.

5.2.4 Leuchten und Leuchtmittel

(vgl. Anhang 5)

Bei der Entgegennahme von Leuchten mit integriertem Leuchtmittel müssen Leuchtmittel, Verpackungsmaterial oder Schutzhüllen getrennt werden. Die Betreiber von Sammelstellen haben geeignete Massnahmen zu ergreifen, damit schadstoffhaltige Leuchtmittel²⁹ unbeschädigt zum Transport bereitgestellt werden können. Bei beschädigten Leuchtmitteln ist das Austreten von Schadstoffen wie Leuchtstoffen und Quecksilber (Hg) durch geeignete Sammelbehälter zu verhindern.

Leuchten können PCB-haltige Kondensatoren enthalten. Sie sind getrennt von übrigen Abfällen einem Entsorgungsunternehmen weiterzuleiten.

Der Transport von Leuchtmitteln hat derart zu erfolgen, dass diese durch mechanische Einflüsse (Erschütterung etc.) nicht beschädigt werden. Sie sind in widerstandsfähigen Aussenverpackungen zu verpacken, welche das Austreten von Leuchtmittelbruch und Schadstoffen verhindern (siehe ADR/SDR, Kap. 1.1.3.10). Stabförmige Leuchtmittel und andere Formen sind in getrennten Gebinden zu sammeln und zu transportieren.

5.2.5 EAG mit Lithium-Batterien

(vgl. Anhang 6)

Zahlreiche EAG enthalten Lithium-Batterien (LiB), was oft von aussen nicht sofort erkennbar ist (z. B. bei Spielzeugen und Haushaltskleingeräten). Bei solchen Geräten ist bei Sammelstellen und Rücknahmepflichtigen besondere Vorsicht geboten, da LiB thermisch und elektrisch instabil werden können, wenn sie unkontrolliert Umwelteinflüssen ausgesetzt oder unsachgemäss behandelt werden. Das Einwirken von Hitze, Wasser, Quetschung oder andere physische Schäden auf die in den EAG enthaltenen LiB soll bei deren Sammlung, Transport, Lagerung und Beförderung vermieden werden. Lose LiB sind Sonderabfälle und es gelten die Vorschriften für den Umgang mit Sonderabfällen (insbesondere VeVA, VVEA und ChemRRV).

Zur Risikominderung können EAG mit beschädigten LiB (z. B. ein aufgeblähtes Smartphone) durch geschultes Personal dem Batterie-Behandlungsstrom³⁰ zugeordnet und gemäss Anhang 2.15 ChemRRV entsorgt werden, obwohl es sich zum Teil noch um EAG handelt. Dasselbe gilt für lose LiB (z. B. ein e-Velo- oder Bohrmaschinen-Akku oder auch einzelne Zellen) aus dem EAG Behandlungsstrom.

Das Entfernen von LiB aus EAG ist eine Abfallbehandlung, wofür nur Unternehmungen mit einer Bewilligung gemäss Artikel 8 VeVA autorisiert sind.

Im Zweifelsfall ist ein EAG immer als LiB-haltig anzusehen.

28 CRT- (Röhren-) und Flachbildschirme (16 02 13 [ak])

29 Z. B. Fluoreszenzlampen und -röhren (20 01 21 [S])

30 Gesammelt, verpackt und befördert gemäss den Merkblättern der Inobat.

6 Transport

6.1 ADR und SDR-Vorschriften

Alle LiB-haltigen EAG sind bis zur Erstbehandlung gemäss den geltenden ADR/SDR³¹ – Vorschriften zu befördern. Diese Vorschriften berücksichtigen, dass die enthaltenen LiB durch das Gerät weitgehend geschützt werden, weshalb die Anforderungen gegenüber losen LiB erleichtert werden. Die Sammlung und der Transport von LiB-haltigen EAG in Grossgebinden oder in loser Schüttung, z. B. in Containern, ist nicht erlaubt. Eine Ausnahme bilden EAG, in welchen LiB lediglich die Funktion einer Stützbatterie (z. B. in Form einer Knopfzelle) erfüllen.

Betriebe, welche EAG und Fraktionen daraus abgeben, bzw. deren Beauftragte, sind verantwortlich für die Einhaltung der Vorschriften gemäss ADR bzw. SDR und der VeVA. Sie sind so lange verantwortlich, bis die EAG oder Fraktionen beim Empfänger abgeladen sind und die Entgegennahme vom Entsorgungsunternehmen bestätigt ist³². Sie dürfen die EAG und die Fraktionen daraus nur Stellen übergeben, die zur Entgegennahme dieser Abfälle berechtigt sind (Art. 4 VeVA).

Es ist zu beachten, dass unter ADR erleichterte Sondervorschriften für die Beförderung von EAG zum Erstbehandler anwendbar sind, wenn die enthaltenen gefährlichen Bestandteile (z. B. Lithium-Batterien oder Kondensatoren) durch das Gerät genügend geschützt sind. Dieser Schutz fehlt bei ausgebauten Bestandteilen (z. B. losen Batterien), weshalb sich deren Transportvorschriften verschärfen können.

6.2 Transport in loser Schüttung

EAG dürfen nur dann in loser Schüttung³³ transportiert und umgeschlagen werden, wenn vorgängig ein Entsorgungsunternehmen alle schadstoffhaltigen Bestandteile (z. B. LiB, Bleibatterien, Gasentladung, Öle und andere Flüssigkeiten, Asbest, toner- und tintenhaltige Verbrauchsteile, quecksilberhaltige Bestandteile) nach dem Stand der Technik entfernt hat.

6.3 Ablad und Umschlag

Das unkontrollierte Aus- oder Abkippen von EAG und Bestandteilen, welche Schadstoffe enthalten, die bei unsorgfältiger Handhabung entweichen können, ist nicht erlaubt.

Damit empfindliche EAG, insbesondere solche, die Batterien oder Bestandteile mit flüchtigen Stoffen enthalten, nicht beschädigt werden:

- müssen sie mit besonderer Vorsicht und mit geeigneten Hilfsmitteln gehandhabt werden;
- müssen sie sorgfältig in geeignete Behälter gelegt oder gestapelt werden, die wenn erforderlich ein Austreten von Schadstoffen verhindern;
- dürfen sie nicht verdichtet werden.

³¹ Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse vom 29. November 2002 (SDR)

³² Das Entsorgungsunternehmen bestätigt die Entgegennahme innert 25 Arbeitstagen nach Anlieferung (Anhang 1 Ziffer 1.4 VeVA).

³³ Die «Beförderung in loser Schüttung» ist gemäss Anhang A Abschnitt 1.2.1 ADR eine Beförderung von festen Stoffen oder Gegenständen ohne Verpackung in einem Fahrzeug/Wagen oder Container.

7 Lagerung

7.1 Witterungs- und Diebstahlschutz

EAG sind bei Rücknahmepflichtigen, privaten und öffentlichen Sammelstellen sowie Entsorgungsunternehmen gemäss den Vorgaben und Auflagen der kantonalen Behörde witterungs- und diebstahlschutz zu lagern.³⁴ Schadstoffhaltige Fraktionen aus der Behandlung von EAG bei Entsorgungsunternehmen sind ebenfalls witterungsgeschützt zu lagern.

Bestehen keine anderslautenden kantonalen Vorschriften, dürfen nachweislich schadstoffentfrachtete EAG³⁵ und reine, schadstofffreie Wertstofffraktionen wie Metall, Kunststoff, Glas oder Holz ohne Witterungsschutz im Freien gelagert werden. Sie müssen auf undurchlässigen Oberflächen aufbewahrt und mit Auffangeinrichtungen (allenfalls mit Öl- bzw. Fettabscheider) sowie vorschriftsgemässer Ableitung der Abwässer in die Schmutzwasserkanalisation ausgestattet sein.

7.2 Maximale Lagerbestände und Schütthöhen

Für die maximalen Lagerbestände von EAG und Fraktionen daraus gelten die Vorschriften der Störfallverordnung (StFV, SR 814.012) sowie die kantonalen Vorschriften und Auflagen.

Die maximale Schütthöhe von EAG, bei welchen die schadstoffhaltigen Bestandteile noch nicht entnommen sind, sollte 1,6 m nicht überschreiten³⁶.

7.3 Gefahrenschutz

EAG, von denen bekannt ist, dass sie mit Gefahren wie Schadstofffreisetzung, Brand, Stromschlag, Strahlung oder Ex- und Implosion verbunden sind, müssen von den übrigen EAG getrennt und in dafür geeigneten Behältern gelagert werden, damit die Gefahr minimiert wird.

Bei der Lagerung von EAG und den Fraktionen daraus sind die kantonalen und kommunalen Brandschutz-Vorschriften einzuhalten. Dies gilt insbesondere für die Lagerung von LiB aus EAG. Dabei empfiehlt es sich, die Merkblätter für Sammelstellen und Transporteure der Inobat einzuhalten. Die Sammelstellen sind aufgefordert, die Kundschaft auf möglicherweise versteckt in Gegenständen enthaltene Batterien und deren korrekte, getrennte Entsorgung aufmerksam zu machen.

7.4 Reinigung von Behältern

Behälter, welche für die Lagerung von schadstoffhaltigen EAG und Fraktionen daraus verwendet werden und in welchen es zu einer Schadstoffausbreitung gekommen ist, müssen als Sonderabfall mit dem LVA Code 15 01 10 [S] eingestuft werden, sofern es sich um besonders gefährliche Stoffe³⁷ handelt und die Gebinde nicht vorher in einer dafür vorgesehenen Anlage gereinigt wurden. Diese dürfen nur an Stellen übergeben werden, die zur Entgegennahme dieser Abfälle berechtigt sind (Art. 4 Abs. 2 VeVA).

34 Unter Dach oder in einem wasserdichten, geschlossenen Behältnis

35 Die Schadstoffentfrachtung soll alle schadstoffhaltigen Bestandteile der Geräte umfassen (Kondensatoren, Batterien, Leiterplatten, Displays etc.).

36 Das Mass ergibt sich aus den Anforderungen an den Transport nicht schadstoffentfrachteter EAG in Paletten mit vier Rahmen (= 1,6 m Höhe).

37 Gefährliche Stoffe oder Zubereitungen der Gruppen 1 und 2 nach Artikel 61 Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (ChemV, SR 813.11).

8 Behandlung

8.1 Generelle Anforderungen

8.1.1 Erkennen und separieren gefährlicher EAG

Die Entsorgungsunternehmen müssen über Abläufe verfügen, um EAG mit gefährlichen Bestandteilen (Bauteile und Anteile) identifizieren zu können. Sie müssen entscheiden, welche EAG aus dem Behandlungsstrom entfernt werden müssen, um sie der erforderlichen Sonderbehandlung zuzuführen. Dies gilt beispielsweise für Flachbildschirme mit Hg-haltigen Hintergrundbeleuchtungen oder Wärmepumpentrockner.

8.1.2 Behandlung mit anderen Abfällen oder Zuschlagstoffen³⁸

EAG und die während der Behandlung erzeugten Fraktionen dürfen nicht mit anderen Abfällen oder mit Zuschlagstoffen vermischt werden, wenn dies in erster Linie dazu dient, den Schadstoffgehalt der Abfälle durch Verdünnen herabzusetzen, um dadurch Vorschriften über die Abgabe, die Verwertung oder die Ablagerung einzuhalten (Vermischungsverbot gemäss Art. 9 VVEA).

Eine Verarbeitung von schadstoffentfrachteten EAG³⁹ mit anderen gleichartigen Abfällen und Zuschlagstoffen ist nur zulässig, falls:

- a) Die Ausbeute von Zielmaterialien dadurch ermöglicht oder erhöht wird und
- b) die Zuschlagstoffe während der weiteren Behandlung abgeschieden werden können oder in den Zielmaterialien eine unersetzliche Funktion erfüllen.

8.1.3 Klassierung von Fraktionen aus der Behandlung von EAG

Entlang der Behandlungsströme werden Fraktionen erzeugt, die, solange sie noch Abfälle sind, gemäss LVA⁴⁰ klassiert werden. Hinweise zur Klassierung von Abfällen finden sich in der Vollzugshilfe über den Verkehr mit Sonderabfällen und anderen kontrollpflichtigen Abfällen in der Schweiz⁴¹. In Anhang 8 dieser Vollzugshilfe wird die LVA-Klassierung von EAG für die Berichterstattung gemäss VREG weiter aufgeteilt.

Für den grenzüberschreitenden Verkehr sind die Bestimmungen des Kapitels 3 der VeVA massgebend⁴².

8.1.4 Vorbereitung zur Wiederverwendung von EAG

(vgl. auch Kapitel 4.2)

Bei einer Vorbereitung von EAG zur Wiederverwendung, z. B. durch Prüfung, Reinigung oder Reparatur, findet eine Behandlung (Art. 7 Abs. 6^{bis} USG) statt. EAG, die für eine Wiederverwendung vorgesehen sind, müssen entsprechend den Anforderungen der abnehmenden Betriebe behandelt werden. Bis diese EAG erneut als funktionstüchtig eingestuft werden können, gelten sie als Abfall.

38 Als Zuschlagstoffe sind z. B. Inertmaterialien, welche zur Risikominimierung von Staubexplosionen bei Tonern eingesetzt werden können, gemeint.

39 Die Schadstoffentfrachtung soll alle schadstoffhaltigen Bestandteile der Geräte umfassen (Kondensatoren, Batterien, Leiterplatten, Kabel, Displays etc.)

40 Verordnung des UVEK vom 18. Oktober 2005 über Listen zum Verkehr mit Abfällen (SR 814.610.1)

41 Siehe *Klassierung von Abfällen aus elektrischen und elektronischen Geräten*

42 Siehe BAFU-Mitteilung *Grenzüberschreitender Verkehr mit Abfällen*

Betriebe, welche eine Vorbereitung zur Wiederverwendung durchführen wollen, benötigen eine Entsorgungsbewilligung gemäss Artikel 8 VeVA. Davon ausgenommen sind Betriebe, welche die EAG lediglich entgegennehmen und zwischenlagern (Art. 8 Absatz 2 VeVA).

EAG, Bestandteile und Bauteile aus Reparaturbetrieben, welche nicht wiederverwendet werden können, sind entsprechend dem Stand der Technik einer Verwertung zuzuführen.

8.2 Spezifische Anforderungen an einzelne EAG

8.2.1 EAG mit flüchtigen Fluorkohlenwasserstoffen, flüchtigen Kohlenwasserstoffen und Ammoniak

(vgl. Anhang 3 Wärmetauschergeräte)

Wärmetauschergeräte können flüchtige Kohlenwasserstoffe (VFC und VHC)⁴³ oder Ammoniak (NH₃) enthalten. Diese Stoffe können als Kältemittel im Kühlsystem (teilweise im Kompressor Schmieröl gelöst) und als Treibmittel im Isolationsschaum vorhanden sein. EAG, welche diese Stoffe enthalten, sind frühzeitig in einen getrennten Materialstrom auszuscheiden und mit folgenden Zielsetzungen nach Anhang 3 zu behandeln:

- Auftrennung in Fraktionen (die möglichst stofflich oder nachrangig energetisch verwertet, ansonsten beseitigt werden);
- Rückgewinnung und anschliessende umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung von FCKW, KW und NH₃ aus dem Kühlsystem und dem Isolationsschaum der Geräte;
- Entfernung und umweltverträgliche Entsorgung weiterer Schadstoffe bzw. schadstoffhaltiger Komponenten (z. B. Quecksilber-Schalter, Kondensatoren, PCB-haltige Öle).

8.2.2 EAG mit Kathodenstrahlröhren

(vgl. Anhang 4 Bildschirmgeräte)

Bildröhren sind auszubauen und zu belüften. Bei allen Arbeitsschritten ist die Freisetzung von Staub (Leuchtschicht, Glas- und Metallstaub) in Luft, Boden und Gewässer (z. B. mit dichten Behältern, Unterdruck, Wasserstaubvorhängen/Befeuchten) zu verhindern. Detaillierte Informationen und Anforderungen zur Behandlung finden sich in Anhang A 4.7.1 Behandlung von Röhrenbildschirmen.

8.2.3 EAG mit Quecksilber

Die unkontrollierte Freisetzung von Quecksilber bzw. quecksilberhaltigen Stoffen aus EAG ist durch die kontrollierte Entnahme und Lagerung der quecksilberhaltigen Bestandteile zu verhindern, beispielsweise für:

- *Kühl- und Gefriergeräte*: Quecksilberschalter
- *Bestandteile aus der Zahnmedizin*: Amalgamhaltige Geräte (LVA Code 18 01 10 [S])⁴⁴
- *Flachbildschirme, Scanner, Kopierer*: CCFL-Leuchten⁴⁵ (vgl. auch □–Bildschirmgeräte)
- *Leuchtmittel*: Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen, Hochdrucklampen (vgl. Anhang 5 Leuchtmittel)

43 Engl. VFC «volatile fluorocarbons» umfassen voll- und teilhalogenierte FCKW, HFCKW und HFKW und engl. VHC «volatile hydrocarbons» umfassen nicht halogenierte Kohlenwasserstoffe

44 Hinweise zur Entsorgung sind in der Vollzugshilfe des BAFU «Entsorgung von medizinischen Abfällen» beschrieben (*Entsorgung von medizinischen Abfällen (admin.ch)*).

45 CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp

Quecksilberhaltige Bestandteile sind durch geeignete Behandlungen, welche eine Kontrolle und Überwachung der quecksilberhaltigen Fraktionen gewährleisten, zu entfernen und Quecksilberemissionen sind gemäss den Anweisungen der Suva⁴⁶ zu verhindern. Quecksilberhaltige Bestandteile sind unter Einhaltung der entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen einer separaten Entsorgung zuzuführen.

8.2.4 EAG mit Batterien

(vgl. Anhang 6 Batterien in EAG)

Der Behandlungsprozess soll so ausgelegt sein, dass die unkontrollierte Freisetzung von Energie aus Energiespeichern wie Batterien möglichst verhindert wird. Es ist davon auszugehen, dass die Restenergiegehalte in Knopfzellen und Kleinkondensatoren im Behandlungsprozess keine negativen Auswirkungen haben, sofern diese nicht in konzentrierter Form vorliegen (z. B. in Sammelbehältern).

Batterien, die in EAG ohne Verwendung von Werkzeugen⁴⁷ zugänglich sind oder die gefährlichen Eigenschaften aufweisen, beispielsweise weil diese Cd, Hg oder Elektrolyte mit bedenklichen Stoffen enthalten oder hohe elektrische Spannung und Ladung aufweisen, sollen soweit wie möglich vor einer mechanischen Behandlung aus den EAG entfernt werden. Falls solche Batterien während der mechanischen Behandlung weitgehend zerstörungsfrei und unbeschädigt entnommen werden können, dann ist ein solches Verfahren ebenfalls zulässig.

Batterien, die in EAG nur mit Verwendung von Werkzeugen zugänglich sind und keine gefährlichen Eigenschaften aufweisen, können ebenfalls während einer mechanischen Behandlung entfernt werden.

8.2.5 EAG mit Leiterplatten und Leiterplattenbruch

Während der mechanischen oder chemischen Behandlung von Leiterplatten kann ein Risiko hinsichtlich diffuser Emissionen in die Umwelt und Verschmutzung der Arbeitsplätze mit schadstoffhaltigem Staub bestehen. Bei der mechanischen, chemischen wie auch der manuellen Behandlung ist sicherzustellen, dass die Vorgaben der Suva (z. B. MAK-Werte) eingehalten werden und keine Schadstoffverschleppung stattfindet. Leiterplatten und die darauf montierten Bauteile enthalten insgesamt mehr als 40 Elemente des Periodensystems (z. B. Kupfer, Blei, Zinn, Antimon, Gold, Silber) und zudem teilweise verbotene Flammschutzmittel.

8.2.6 Kunststoffe aus EAG mit Flammschutzmitteln und Schwermetallen

Kunststoffe bzw. Kunststoffgemische dürfen nur dann direkt, d. h. ohne Nachsortierung, einer stofflichen Verwertung zugeführt werden, wenn der Nachweis erbracht wird, dass die in den Anhängen 1.1, 2.9 und 2.18 ChemRRV festgeschriebenen Grenzwerte für Schwermetalle und Flammschutzmittel⁴⁸ eingehalten werden. Der Nachweis ist durch periodische chemische Analysen zu erbringen. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass eine repräsentative Probe erstellt wird. Je nach Datenlage und Aussagen anerkannter Studien kann für gewisse Fraktionen die Nachweispflicht reduziert werden.

⁴⁶ Siehe Factsheet Quecksilber 2013 (https://www.suva.ch/download/factsheets/quecksilber?sc_lang=de-CH)

⁴⁷ Werkzeuge sind z. B. Schraubendreher, Schneidwerkzeuge, Zangen

⁴⁸ Ist eine Verwertung möglich, empfiehlt das BAFU, dass diese Kunststoffe für die Herstellung von Produkten verwendet werden, die üblicherweise Flammschutzmittel enthalten.

Kunststoffe, die persistente organische Schadstoffe (POP) gemäss Stockholmer Übereinkommen wie polybromierte Diphenylether (PBDE), namentlich Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptabromdiphenylether (Tetra-, Penta-, Hexa- und HeptaBDE) oder Decabromdiphenylether (DecaBDE) enthalten, müssen so entsorgt werden, dass die darin enthaltenen POP zerstört werden. Die zu erreichenden niedrigen Gehalte an POP richten sich nach dem Stand der Technik⁴⁹.

8.2.7 EAG mit radioaktiven Stoffen

Rauchmelder, EAG aus Medizin und Forschung oder militärische EAG können radioaktive Quellen enthalten. Nach Artikel 104 Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) können Betriebe, welche Abfälle zur Verwertung und Entsorgung entgegennehmen, verpflichtet werden, diese mit geeigneten Überwachungsverfahren auf das Vorhandensein «herrenloser radioaktiver Materialien» zu überprüfen und beim Auffinden solcher Materialien an geeigneter Stelle zu sichern⁵⁰.

Bei Entsorgungsunternehmen, welche Metallschrott verwerten⁵¹, müssen geeignete Messgeräte zur Verfügung stehen oder mindestens angefordert werden können, damit bei Verdacht des Vorhandenseins von radioaktiven Quellen in EAG eine Überprüfung durchgeführt werden kann. Falls EAG mit radioaktivem Material erkannt werden (durch eine «radioaktiv»- Kennzeichnung oder durch eine entsprechende Messung), soll dies unverzüglich der zuständigen Strahlenschutzbehörde beim Bundesamt für Gesundheit (BAG) gemeldet werden⁵², damit eine Gefährdung von Menschen und Umwelt vermieden und eine fachgerechte Entsorgung nach den Vorgaben der Strahlenschutzgesetzgebung gewährleistet werden kann.

8.2.8 Schadstoffhaltige Kondensatoren aus EAG

Kondensatoren aus EAG mit PCB-haltigem, öligem Dielektrikum im Sinne von Anhang 2.14 ChemRRV müssen vor einer Zerkleinerung aus den Geräten entfernt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass Kondensatoren PCB-frei sind, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist: Sie sind

- a) nach 1987 produziert oder stammen aus Geräten, welche nach 1987 hergestellt wurden; oder
- b) Elektrolytkondensatoren.

Alle übrigen Kondensatoren (Höhe > 25 mm; Durchmesser > 25 mm oder ähnliches Volumen), welche schadstoffhaltige Flüssigkeiten enthalten (wässrige Elektrolyte oder ölige Dielektrika), müssen vor einer mechanischen Behandlung, bei welcher die Flüssigkeiten unkontrolliert freigesetzt werden können, entfernt werden. Falls der Betreiber des Entsorgungsunternehmens nicht in der Lage ist, Kondensatoren zu unterscheiden (mit/ohne schadstoffhaltige Flüssigkeiten), müssen alle Kondensatoren (Höhe > 25 mm; Durchmesser > 25 mm oder ähnliches Volumen) entfernt werden. Ist eine mechanische Behandlung bis zur Entfernung solcher Kondensatoren weitgehend zerstörungsfrei und können die Kondensatoren als unterscheidbarer Strom aus dem Behandlungsprozess entnommen werden, ist eine solche Behandlung zulässig.

49 Z. B. Technische Guidelines des Basler Übereinkommens oder EU-POP-Verordnung

50 Siehe auch: https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/str/str-wegleitungen/abfaelle/artikel-104.pdf.download.pdf/V2_Strahlenschutz_Wegleitung_Art-104_DE.pdf

51 Nicht in diese Kategorie gehören Sammelstellen oder Entsorgungsunternehmen, welche lediglich manuelle Behandlungen durchführen

52 str@bag.admin.ch, Tel. 058 462 96 14

Die Wirksamkeit der Trennverfahren ist regelmässig zu überprüfen. Dazu ist abzuklären, inwieweit sich schadstoffhaltige Flüssigkeiten im Behandlungsprozess freisetzen können und wie sie sich auf die Fraktionen verteilen.

8.2.9 Druckerverbrauchsmaterial aus EAG

Tonermodule, Tonerkartuschen, Resttonerbehälter und Nachfüllflaschen⁵³ sowie Tintenpatronen, sind vor einer mechanischen Behandlung zu entfernen und unter Einhaltung entsprechender Sicherheitsvorkehrungen einer separaten stofflichen Verwertung zuzuführen. Mit einer sachgemässen Behandlung von Tonerkartuschen ist sicherzustellen, dass kein Risiko einer Staubexplosion besteht.

8.3 Verwertung

8.3.1 Funktionale Verwertung

Bei der Vorbereitung zur Wiederverwendung durch Prüfung, Reinigung und Reparatur handelt es sich um eine Behandlung, also um eine Vorstufe der Verwertung (Art. 7 Abs. 6^{bis} USG). Die Wiederverwendung (das erneute Inverkehrbringen im Wirtschaftskreislauf, der Eigengebrauch) eines EAG ist im rechtlichen Sinn eine Verwertung. Entsorgungsunternehmen, welche eine Vorbereitung für eine Wiederverwendung durchführen, tun dies mit dem Ziel, die EAG wieder in den Produktkreislauf zurückzuführen. Sie benötigen für die Behandlung der EAG eine Entsorgungsbewilligung gemäss Artikel 8 VeVA.

8.3.2 Stoffliche Verwertung

8.3.2.1 Eisen, Nichteisen- und Edelmetalle

Die Entsorgungsunternehmen haben sicherzustellen, dass das in den Geräten enthaltene Eisen, sowie die Nichteisenmetalle (sog. Basismetalle wie Kupfer, Aluminium, Nickel, Blei und Zink) und die Edelmetalle (Gold, Silber und Platingruppenmetalle) mit möglichst hoher Ausbeute zurückgewonnen werden. Dies bedingt eine auf die Qualität der wertstoffhaltigen Komponenten ausgerichtete Abtrennung, insbesondere edelmetallhaltiger Bestandteile (z. B. Leiterplatten) vor, resp. während der mechanischen Behandlung, sowie eine optimierte Anreicherung von metallischen Fraktionen zur Rückgewinnung in dafür geeigneten Endbehandlungen, z. B. in Schmelzwerken.

8.3.2.2 Seltene Technologiemetalle

Seltene Technologiemetalle (STM) wie Indium, Gallium, Germanium, Neodym und Tantal sind nebst den erwähnten Basis- und Edelmetallen für viele Anwendungen der Elektrotechnik unentbehrlich. Ihre Primärproduktion verursacht oft grosse Umweltbelastungen.

STM gelten dann als kritisch, wenn erhebliche Versorgungsrisiken für die Wirtschaft bestehen. Einige der STM werden den Konfliktmineralien zugeordnet. Es ist deshalb aus ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Gründen – und dort, wo dies wirtschaftlich tragbar ist und wo entsprechende Technologien verfügbar sind – sinnvoll, diese Metalle zurückzugewinnen. Der Stand der Technik macht hier laufend Fortschritte.

⁵³ Tonerpulver enthält u.a. die Schwermetalle Zinn und Kupfer; die Gehalte lassen eine thermische Verwertung als Ersatzbrennstoff in der Zementherstellung sowie eine Deponierung nicht zu

Wie bei den Edelmetallen bedingt dies eine gezielte und frühzeitige Abtrennung STM-haltiger Bestandteile sowie eine optimierte STM-Anreicherung in Fraktionen zur späteren Rückgewinnung in dafür geeigneten Endbehandlungen.

8.3.2.3 Kunststoffe

Entsorgungsunternehmen, welche Kunststoffe bzw. Kunststoffgemische aus EAG verarbeiten, dürfen diese in stofflich verwertbare und stofflich nicht verwertbare Fraktionen auftrennen und die stofflich verwertbaren Fraktionen anschliessend in Kunststoffprodukte (z. B. Granulate für Spritzgussanwendungen) veredeln und die nicht stofflich verwertbaren Fraktionen einer energetischen Verwertung zuführen. Sie müssen für die stofflich verwertbare Fraktion die Einhaltung der Grenzwerte gemäss ChemRRV nachweisen (vgl. auch Kapitel 8.2.6). Dazu sind geeignete (repräsentative) Proben zu entnehmen und zu analysieren. Die Probenauswahl kann grundsätzlich auch Fraktionen, welche eine Folgebehandlung mit zusätzlichen Prozessen zur Schadstoffentfrachtung durchlaufen, umfassen.

Zu den Fraktionen, von denen bekannt ist, dass sie problematische Mengen an verbotenen bromierten Flammschutzmitteln (BFR) enthalten, gehören insbesondere Fernseh- und Monitorgehäuse (insbesondere von CRT-Bildschirmgeräten in geringerem Masse auch von Flachbildschirmgeräten), Kleingeräte aus Haushalten, Geräte der Informations- und Kommunikationstechnologie und Unterhaltungselektronik, die hohe Temperaturen erreichen. Um eine Verschleppung von Schadstoffen aus solchen Kunststoffen in Kunststoffgemischen zu verhindern, sollten Kunststoffe, bei denen Verdacht auf eine hohe Schadstoffbelastung besteht, gemäss Artikel 10 VREG frühzeitig in einem unterscheidbaren Strom entfernt werden.

Fraktionen, die nachweislich (z. B. aufgrund der Literatur oder von Erfahrungswerten) keine oder unbedeutende Gehalte an verbotenen Flammschutzmitteln enthalten (z. B. PMMA aus Flachbildschirmen, Kunststoffe aus Kühlgeräten) müssen nicht beprobt und analysiert werden.

Kunststoffe aus Altkabeln können stofflich verwertet werden, sofern sie den Anforderungen nach Anhang 1.1, 1.9, 1.18, 2.9 und 2.18 der ChemRRV genügen.

8.3.3 Energetische Verwertung

Alle brennbaren Fraktionen⁵⁴, die nicht stofflich verwertet werden können, müssen in geeigneten Anlagen thermisch behandelt werden (Art. 10 VVEA), d. h. Anlagen, welche die Betriebsanforderungen gemäss Artikel 32 VVEA erfüllen. Die Annahmebestimmungen der Abnehmer bezüglich Schadstoffe wie halogenorganischen Verbindungen sind nachweislich einzuhalten.

8.4 Ablagerung

Alle nicht stofflich verwertbaren und nicht brennbaren Fraktionen sind so weit zu behandeln, dass sie die Anforderungen an eine Ablagerung gemäss Artikel 35 ff. VVEA und Anhang 5 VVEA erfüllen.

⁵⁴ Dazu gehören vorwiegend Kunststoffe, welche Schadstoffe mit Gehalten über den zulässigen Grenzwerten gemäss ChemRRV enthalten.

9 Leistungsindikatoren

9.1 Grundsätze

Um den Stand der Technik gemäss Artikel 3 Buchstabe h und Artikel 10 und 13 VREG sicherzustellen und weiterzuentwickeln, sind geeignete Indikatoren festzulegen, welche den Stand der Technik abbilden. Zur Festlegung künftiger, kreislauforientierter Leistungsziele sind die Indikatoren und Methoden laufend weiterzuentwickeln. Die vorliegende Vollzugshilfe soll deshalb regelmässig an diese Entwicklungen angepasst werden (vgl. Kapitel 3.3).

Die nachfolgend genannten massenbasierten Indikatoren orientieren sich an den aktuellen Leistungszielen und Beurteilungsmethoden:

- Recycling- und Verwertungsquoten (RVQ)
- Rückgewinnungsquoten für Kälte- und Treibmittel
- Ausbeuten bestimmter Metalle
- Quantitative Nachweise der Schadstoffabtrennung

Die Entsorgungsunternehmen müssen die Leistungsindikatoren gemäss dieser Vollzugshilfe selbst erheben und dokumentieren. Sie müssen bei Bedarf jederzeit eingesehen werden können. Die Kantone entscheiden als zuständige Vollzugsbehörden, wann und wie die Werte überprüft werden.

Die Zusammenstellung der quantitativen Leistungsziele und Indikatoren befindet sich im Anhang 7.

Da die Vorbereitung zur Wiederverwendung keine Pflicht ist, wird auf die Festlegung spezifischer Leistungsindikatoren verzichtet.

9.2 Behandlungsströme

Die EAG lassen sich, differenziert nach deren Zusammensetzung, in unterschiedliche Behandlungsströme einteilen (vgl. Tab. 3). Die Entsorgungsbetriebe sind frei, die Behandlungsströme weiter aufzuteilen, um die Zielsetzungen dieser Vollzugshilfe und der VREG zu erreichen.

Tab. 3: EAG-Behandlungsströme

Behandlungsstrom	Beispiele von EAG im Behandlungsstrom
Wärmetauschergeräte	Kühl- und Gefriergeräte, Klimageräte, Wärmepumpentrockner, Getränkeautomaten (mit VFC und VHC)
Bildschirmgeräte	Bildröhren- und Flachbildschirm-Geräte aus Informatik, Unterhaltungselektronik,
Großgeräte	Großgeräte (wie Waschmaschinen, Herde und Backöfen, Mikrowellengeräte etc.)
Kleingeräte	Kleingeräte (z. B. Staubsauger, Toaster, Bügeleisen, Haartrockner, Werkzeuge und Gartengeräte, Spielzeuge, Sport- und Freizeitgeräte, Geräte der Informatik, Kommunikation und Unterhaltung, Leuchten, etc.)
Photovoltaik Module	Aus einzelnen Zellen aufgebaute Module; die lichtabsorbierenden Zellen bestehen überwiegend aus Mono- oder Multikristallinem Silizium. Aus dünnen Schichten aufgebaute Module, die lichtabsorbierenden Schichten bestehen überwiegend aus CdTe aber auch aus CIS und CIGS oder a-Si ⁵⁵
Leuchtmittel	Stabförmige- und nicht-stabförmige Gasentladungslampen, CCFL Kompaktleuchtstofflampen, Hochdruck-Natriumdampflampen und Metaldampflampen, Niederdruck-Natriumdampflampe, LED, OLED und QLED Lampen. Sonstige Bestandteile für die Ausbreitung und Wandlung von Licht (z. B. Lichtleiter und Leuchtstoffe).

9.3 Recycling- und Verwertungsquoten (RVQ)

(vgl. Anhang A 7.1)

Das Entsorgungsunternehmen soll die RVQ der vollständigen Behandlungskette (inkl. der nachfolgenden Behandlungsschritte bei den Folgeabnehmern) für die verschiedenen EAG-Behandlungsströme ermitteln und mit den Richtquoten gemäss Anhang A 7.1.2 vergleichen.

Die RVQ werden in Batchversuchen ermittelt und aufgrund der jährlichen Materialbuchhaltung plausibilisiert. Der Nachweis erfolgt auf Basis der in der Industrie angewandten Normen und Vorschriften⁵⁶ in der Regel alle 2 Jahre je EAG-Behandlungsstrom und Standort. Werden wesentliche Schritte entlang des Behandlungsprozesses angepasst, so sind die RVQ jährlich zu bestimmen.

Die im Rahmen eines Batchversuches ermittelten RVQ sind verschiedenen Einflussgrössen ausgesetzt, welche zu einer wesentlichen Variabilität der Ergebnisse beitragen können, was die Interpretation der RVQ erschwert:

- Die RVQ hängt von der Inputzusammensetzung ab. So sind bestimmte Mischungen an EAG metallreicher als andere oder verfügen über weniger flammgeschützte Kunststoffe, was eine höhere Recyclingquote ergibt.
- Die Messungen in den Versuchen unterliegen Ungenauigkeiten und Messfehlern.
- Die für die Berechnung der RVQ verwendeten Zusammensetzungs- und Prozessdaten (Transferkoeffizienten) sind konservativ und pauschal bewertet, was sich auf die berechneten RVQ auswirkt.
- Die massereichen Fraktionen wie Eisen und Kunststoffe dominieren die RVQ. Seltene Elemente wie z. B. STM werden aufgrund ihrer geringen Gehalte in den EAG in der RVQ nicht berücksichtigt.
- Die rein massenbasierte RVQ sagen nichts über den Umweltnutzen der Verwertung der einzelnen Materialien aus. Dadurch sind der Interpretation der Umweltleistung der Entsorgungsunternehmen enge Grenzen gesetzt.

Die Beurteilungsgrundlagen für die Ressourceneffizienz und die Kreislauffähigkeit der Recyclingprozesse müssen daher ständig weiterentwickelt werden.

55 CdTe=Cadmium-Tellurid; CIS=Kupfer-Indium-Selenid; CIGS= Kupfer-Indium-Gallium-Selenid; a-Si= amorphes Silizium

56 Gemäss SN EN 50625 Serie

9.4 Verluste

(vgl. Anhang A 7.1.3)

Zusätzlich zu den Recycling- und Verwertungsquoten sind bei der Beurteilung die entlang des Prozesses erzielten Verluste der Hauptmetalle Eisen, Kupfer und Aluminium zu bestimmen. Bei wesentlichen Verlusten, welche auf die spezifische Prozesstechnologie des Erst-, resp. der Folgebehandler zurückzuführen sind und welche bei einer Änderung der Prozesstechnologie reduziert werden könnten, sind geeignete Verbesserungsmaßnahmen umzusetzen.

9.5 Rückgewinnungsquoten für Kälte- und Treibmittel

(vgl. Anhang 3)

Der Behandler muss minimale Rückgewinnungsquoten von 90 % für die in Wärmetauschergeräten befindlichen Kälte- und Treibmittel erreichen. Diese werden in kontrollierten Leistungstests jährlich pro Anlage ermittelt und aufgrund der jährlichen Materialbuchhaltung plausibilisiert. Der Nachweis erfolgt auf Basis der in Anhang 3 festgelegten Anforderungen.

9.6 Ausbeuten bestimmter Metalle

Die Endbehandler der Metallfraktionen müssen minimale Metallausbeuten für bestimmte Zielmetalle erreichen. Die Berechnung der Ausbeute ist massenbasiert und ist das Verhältnis der zurückgewonnenen Masse eines Zielmaterials zu der im Infeed⁵⁷ vorhandenen Masse desselben Zielmaterials.

Die Technische Spezifikation CLCTS 50625-5:2017 verlangt zurzeit minimal Ausbeuten von 90 % für die finale Behandlung zur Rückgewinnung von Cu, Ag, Au und Pd.

9.7 Quantitative Nachweise der Schadstoffabtrennung

9.7.1 Beurteilungsgrundlagen

Die Überwachung und Kontrolle der Qualität der Schadstoffabtrennung erfolgt durch:

- Kennzahlen aus der betrieblichen Materialbuchhaltung
- Chemische Analysen der Fraktionen aus einer mechanischen Verarbeitung (Staub, feinste nicht-metallische Fraktionen sowie Kunststofffraktionen, welche in das Recycling gelangen).

⁵⁷ Als Infeed bezeichnet man die Eingangsfraktion in den Schmelzöfen.

9.7.2 Kennzahlen aus der betrieblichen Materialbuchhaltung

In den EAG enthaltene Batterien, Kondensatoren und Leuchtmittel sind potenziell besonders schadstoffhaltige Bestandteile. Deshalb werden für diese Bestandteile Kennzahlen festgelegt, welche das Entsorgungsunternehmen regelmässig zu bestimmen und in der Materialbuchhaltung zu erfassen hat.

Kondensatoren und Batterien (vgl. A 7.2)

Die Entnahmeleistung von Kondensatoren, welche Flüssigkeiten mit bedenklichen Stoffen enthalten, sowie von Batterien, wird durch einen Vergleich mit den Richtwerten gemäss Anhang A 7.2 beurteilt.

Die Entsorgungsunternehmen ermitteln aus ihren jährlichen Materialflussdaten die Massenanteile von Kondensatoren und Batterien, die dem entsprechenden Behandlungsstrom entnommen wurden und vergleichen diese mit den langjährigen Mittelwerten der Branche und festgelegten Zielwerten⁵⁸. Sie vergleichen diese Kennzahlen zudem mit Werten aus Batch-Versuchen. Grosse Abweichungen können u.a. auf Fehler in der Erfassung der Schadstoffmengen oder auf eine ungenügende Schadstoffentfrachtung im Jahresbetrieb hinweisen. In diesem Fall sind vom Betrieb geeignete Massnahmen zu treffen, z. B. durch bessere Kontrolle der Schadstoffentfrachtung.

Leuchtmittel (vgl. A 4.8)

Bei quecksilberhaltigen CCFL Hintergrundbeleuchtungen aus Flachbildschirmen darf bei einer manuellen Behandlung die Bruchrate der bei der Behandlung noch intakten CCFL-Hintergrund-beleuchtungen maximal 95 % betragen.

9.7.3 Chemische Analysen bestimmter Fraktionen

(vgl. Anhang A 7.3)

Zur Qualitätskontrolle der Schadstoffentfrachtung der mechanischen Behandlung und zur Kontrolle der Trennschärfe der Schadstoffabscheidung müssen einzelne Fraktionen regelmässig beprobt und analysiert werden. Es ist mindestens eine repräsentative Jahres-Mischprobe zu entnehmen. Die Analyseverfahren müssen dem Stand der Technik entsprechen und von akkreditierten Laboratorien durchgeführt werden.

Um die Schadstoffentfrachtung und die Trennschärfe in der mechanischen Behandlung zu beurteilen, wird die feinste nichtmetallische Fraktion aus der mechanischen Behandlung mit einem Metallgehalt von typischerweise weniger als 10 Prozent⁵⁹ untersucht.

Zur Beurteilung der Einhaltung Schadstoffgrenzwerte nach ChemRRV in Kunststofffraktionen, welche nach der manuellen und mechanischen Behandlung von EAG einer stofflichen Verwertung zugeführt werden, wird eine Mischprobe entnommen.

Bei einer mechanischen Verarbeitung von Flachbildschirmen darf der Quecksilber-Gehalt in der kleinsten schadstoffentfrachteten Shredder-Fraktion maximal 0,5 mg/kg betragen (vgl. A 4.8).

⁵⁸ Diese sind festgelegt in der Normenreihe SN EN 50625.

⁵⁹ Der Rest besteht aus kleinen und leichten Partikeln aus Kunststoff oder Holz.

10 Dokumentation

10.1 Allgemeine Anforderungen

Entsorgungsunternehmen, welche EAG zur Behandlung entgegennehmen⁶⁰, müssen über eine interne Dokumentation zu den durchgeführten Aktivitäten verfügen. Diese kann von der zuständigen Vollzugsbehörde zur Plausibilisierung einer Behandlung gemäss Stand der Technik eingesehen werden.

10.2 Betriebsorganisation

Es gelten die allgemeinen Vorgaben zum Betrieb von Abfallanlagen gemäss Artikel 27 VVEA.

Insbesondere soll die inner- und ausserbetriebliche Weiterbildung der Mitarbeitenden sichergestellt und dokumentiert werden (Art. 27 Abs. 1 Bst. f VVEA). Entsorgungsunternehmen, welche mehr als 100 t jährlich entsorgen, müssen über ein Betriebsreglement verfügen, welches der Behörde zur Stellungnahme zu unterbreiten ist (Art. 27 Abs. 2 VVEA). Die BAFU-Vollzugshilfe «Allgemeine Bestimmungen der VVEA» enthält dazu ein Muster-Betriebsreglement für Entsorgungsunternehmen und gibt Hinweise für die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeitenden.

10.3 Entgegennahme, Umschlag, Lagerung und Weiterleitung

Die Entsorgungsunternehmen unterhalten ein System zur internen Materialbuchhaltung, welches den Anforderungen dieser Vollzugshilfe entspricht (vgl. Kapitel 10.5). Alle eingehenden und ausgehenden Lieferungen an Geräten und Fraktionen sind mittels Wägescheinen, Lieferscheinen, Begleitscheinen oder Annahmelisten zu erfassen und zu dokumentieren.

10.4 Behandlung

10.4.1 Vorbereitung zur stofflichen und thermischen Verwertung, bzw. Beseitigung

Die interne Dokumentation von Entsorgungsunternehmen, welche eine Vorbereitung zur stofflichen und thermischen Verwertung bzw. Beseitigung der in den EAG vorhandenen Materialien und Bestandteilen durchführen, hat die nachfolgenden Bereiche zu umfassen:

- **Arbeitsanweisungen**

Für alle Arbeitsschritte bestehen schriftliche Anweisungen mit Hinweisen auf die Bedeutung und Vorkommen der relevanten Schadstoffe und anderer besonderer Gefährdungen (z. B. Verletzungsgefahr). Insbesondere sind die Anweisungen für die manuelle Behandlung und Vorbehandlung nach Gerätetypen sowie die Verfahrensschemata für die mechanischen Aufbereitungsprozesse zu dokumentieren.

- **Behandlungsprozesse**

Alle Behandlungsprozesse zum Auftrennen der Materialströme sind vom Entsorgungsunternehmen zu dokumentieren. Dabei sollte ersichtlich sein, welche Behandlungstechnologien zum Einsatz kommen und welche Zielstoffe (Schad- und Wertstoffe) in welchen Fraktionen für eine nachfolgende Beseitigung oder Rückgewinnung angereichert werden sollen.

⁶⁰ Dazu gehören Entsorgungsunternehmen, welche eine Vorbereitung zur stofflichen und thermischen Verwertung, bzw. Beseitigung durchführen, wie auch Entsorgungsunternehmen, welche EAG zum Zweck einer Vorbereitung zur Wiederverwendung entgegennehmen.

- **Schadstoffentfrachtung**

Die Schadstoffentfrachtung von Elektro- und Elektronikaltgeräten ist betriebsintern zu überwachen und zu dokumentieren.

- **Entsorgungsnachweise**

Die thermische Verwertung oder Beseitigung schadstoffbelasteter Fraktionen oder Bestandteile (z. B. Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln, quecksilberhaltige Fraktionen, Shredderleichtfraktion) in KVA oder Sonderabfallverbrennungen in der Schweiz oder im Ausland sind durch Entsorgungsnachweise zu dokumentieren.

- **Leistungsindikatoren**

Die Ermittlung der Leistungsindikatoren (vgl. Kapitel 9) ist zu dokumentieren. Dazu gehören insbesondere eine detaillierte Dokumentation der Batchversuche sowie Laborberichte der analysierten Fraktionen.

- **Gesundheitsschutz**

Besteht ein Risiko, dass Mitarbeitende gesundheitsgefährdenden Stoffen ausgesetzt sind (zum Beispiel diffusen Quecksilberemissionen bei der Behandlung von LCD-Bildschirmen oder Leuchtmitteln), sind Daten zur Überwachung des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz sowie Besuche der Suva, Abnahmen und Feststellungen zu dokumentieren.

- **Datenvernichtung**

Das Entsorgungsunternehmen unterhält ein Nachweissystem zur Gewährleistung der Datenvernichtung gemäss den Bestimmungen des Bundesgesetzes über den Datenschutz vom 25. September 2020 (DSG, SR 235.1).

10.4.2 Vorbereitung zur Wiederverwendung

Die interne Dokumentation von Entsorgungsunternehmen, welche eine Vorbereitung zur Wiederverwendung durchführen, hat die nachfolgenden Bereiche zu umfassen:

- **Arbeitsanweisungen**

Für alle Arbeitsschritte bei denen eine physische Veränderung der Geräte vorgenommen wird, bestehen schriftliche Anweisungen mit Hinweisen auf Gefahrenquellen (Stromschlag, Brandgefahr, Vorhandensein schadstoffhaltiger Komponenten, etc.).

- **Behandlungsprozesse**

Alle Behandlungsprozesse, welche im Rahmen der Vorbereitung zur Wiederverwendung durchgeführt werden (Prüfen, Reinigen, Reparieren, Datenlöschung, Rückgewinnung von Funktionen, etc.), sind vom Entsorgungsunternehmen zu dokumentieren.

- **Qualitätskriterien**

Das Entsorgungsunternehmen verfügt über klar definierte Qualitätskriterien anhand welcher aufbereitete Geräte als für eine bestimmungsgemässe Wiederverwendung tauglich eingestuft werden (zum Beispiel: Energieeffizienz, Vorhandensein von Schadstoffen, Restkapazität der Batterie, etc.).

- **Datenvernichtung**

Das Entsorgungsunternehmen unterhält ein Nachweissystem zur Gewährleistung der Datenvernichtung gemäss den Bestimmungen des Bundesgesetzes über den Datenschutz vom 25. September 2020 (DSG, SR 235.1).

10.5 Materialbuchhaltung

Die Entsorgungsunternehmen führen für jede Betriebsstätte eine betriebliche Materialbuchhaltung. Diese gibt Auskunft über Menge und Art aller an der Betriebsstätte eingegangen, verarbeiteten/erzeugten, gelagerten und ausgegangenen Geräte, Bestandteile und Fraktionen.

Die Materialbuchhaltung dient der Berechnung betrieblicher Kennzahlen (*vgl. Anhang A 7.2*), sowie der Plausibilisierung einer adäquaten Schadstoffausschleusung und Ressourcenrückführung gemäss aktuellem Stand der Technik.

Die Anforderungen an die betriebliche Materialbuchhaltung sind in Anhang 8 aufgeführt.

10.6 Meldepflichten

Entsorgungsunternehmen müssen gemäss Artikel 27 Absatz 1 Buchstabe e VVEA ein Verzeichnis über die angenommenen Mengen der in Anhang 1 VVEA genannten Abfallarten mit Herkunftsangabe sowie über die in den Anlagen entstehenden Rückstände und Emissionen führen und das Verzeichnis der kantonalen Behörde auf einer elektronischen Plattform jährlich zustellen.

Artikel 12 Absatz 1 und 2 VeVA verlangt zudem, dass Entsorgungsunternehmen, welche Sonderabfälle oder andere kontrollpflichtige Abfälle mit bzw. ohne Begleitscheinpflicht entgegennehmen, dem BAFU und der kantonalen Behörde detaillierte Angaben u.a. zu den entgegengenommenen Abfällen und den angewandten Entsorgungsverfahren liefern⁶¹.

Die oben aufgeführten Meldungen erfolgen über die Plattformen eGovernment-UVEK und VeVA-Online. Details dazu sind im Modul «Berichterstattung nach VVEA» der VVEA-Vollzugshilfe erläutert.

Gemäss Artikel 12 VREG müssen Rücknahmepflichtige, öffentliche Sammelstellen und Entsorgungsunternehmen dem BAFU auf Verlangen nach dessen Vorgaben die für den Vollzug notwendigen Angaben über die entsorgten Geräte und Bestandteile unterbreiten. Die Erhebungstiefe der VVEA- und VeVA-Meldungen ist dafür unzureichend. Für die Berechnung nationaler Kennzahlen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten arbeitet das BAFU primär mit den freiwilligen Branchenorganisationen zusammen. Bei Bedarf kann das BAFU zusätzliche Daten aus der betrieblichen Materialbuchhaltung gemäss Anhang 8 einfordern.

61 Verordnung des UVEK vom 18. Oktober 2005 über Listen zum Verkehr mit Abfällen (LVA, 814.610.1)

11 Anhang

Anhang 1 – Verzeichnisse A2

Anhang 2 – Abkürzungen und Glossar A3

Anhang 3 – Wärmetauschergeräte A7

Anhang 4 – Bildschirmgeräte A18

Anhang 5 – Leuchtmittel A24

Anhang 6 – Batterien in EAG A32

Anhang 7 – Leistungsziele und Indikatoren A36

Anhang 8 – Materialbuchhaltung A42

Anhang 1 Verzeichnisse

A 1.1 Abbildungen

Abb. 1:	Entsorgungswege von Elektrogeräten.....	14
Abb. A2:	Systematisierung Leuchtmittel.....	26
Abb. A3:	Ablaufdiagramm zur Einteilung der aus dem EAG-Behandlungsprozess resultierenden Endnutzungen.	37
Abb. A4:	Schema zu den Anforderungen der betrieblichen Materialbuchhaltung	42

A 1.2 Tabellen

Tab. 1:	Normen und technische Spezifikationen der Normenserie 50625 (Stand 2023)	10
Tab. 2:	Anforderungen an eine Wiederverwendung von EAG.....	19
Tab. 3:	EAG-Behandlungsströme	30
Tab. A4:	Kühlgeräte-Gruppen.....	9
Tab. A5:	Kühlgeräte-Klassen.....	9
Tab. A6:	Schad- und Wertstoffe in Kühlgeräten	10
Tab. A7:	Ziel- und Richtwerte bei der Behandlung von Kühlgeräten.....	14
Tab. A8:	Technologien für Bildschirmgeräte.....	18
Tab. A9:	Schad- und Wertstoffe in Bildschirmgeräten.....	20
Tab. A10:	Ziel- und Richtwerte bei der Behandlung von Bildschirmgeräten.....	23
Tab. A11:	Technologien bei Leuchtmitteln	25
Tab. A12:	Schad- und Wertstoffe in Leuchtmitteln.....	28
Tab. A13:	Ziel- und Richtwerte bei der Behandlung von Leuchtmitteln.....	30
Tab. A14:	Batterietechnologien, die in EAG vorkommen.....	33
Tab. A15:	Schad- und Wertstoffe in Batterien.....	33
Tab. A16:	Richtquoten für RVQ bei der Behandlung von EAG.....	38
Tab. A17:	Standard RVQ für bestimmte Fraktionen	39
Tab. A18:	Langjährige Mittelwerte aus der betrieblichen Materialbuchhaltung und Zielwerte für den Massenanteil entfrachteter Kondensatoren und Batterien	41
Tab. A19:	Grenz- und Richtwerte in Fraktionen aus der Behandlung von EAG.....	41
Tab. A20:	Liste zur Klassierung von Geräten, Bestandteilen und Fraktionen.....	43
Tab. A21:	Liste der Bestandteile bei Angabe der Fraktionszusammensetzung	46

Anhang 2 Abkürzungen und Glossar

A 2.1 Abkürzungen

[ak]	andere kontrollpflichtige Abfälle
[akb]	andere kontrollpflichtige Abfälle mit Begleitscheinpflicht
[nk]	nicht kontrollpflichtige Abfälle
[S]	Sonderabfälle
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (0741.621)
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFR	Bromierte Flammschutzmittel (von engl. Brominated Flame Retardants)
CCFL	Kalkathoden-Fluoreszenzlampen (von engl. Cold Cathod Flourescent lamp)
CEN	Europäisches Komitee für Normung
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung; SR 814.81
ChemPICV	Verordnung zum Rotterdamer Übereinkommen über das Verfahren der vorherigen Zustimmung nach Inkennzeichnung für bestimmte Chemikalien im internationalen Handel (PIC-Verordnung, ChemPICV); SR 814.82
CRT	Kathodenstrahlröhre oder Bildröhre (von engl. cathod ray tube)
DSG	Bundesgesetzes über den Datenschutz vom 25. September 2020; SR 235.1
EAG	Elektroaltgerät
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FPD	Flachbildschirm (von engl. flat panel display)
Elko	Elektrolytkondensator
H-FCKW	teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
H-FKW	teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
IATE	Datenbasis der in der EU verwendeten Terminologie (von engl. Interactive Terminology for Europe)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
KW	Kohlenwasserstoffe (von engl. Hydrocarbon – HC)
LED	Leuchtdiode (von engl. light emitting diode)
LiB	Lithium-Batterie
LIB	Lithium-Ionen-Batterie
LVA	Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen; SR 814.610.1
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PV	Photovoltaik (von engl. photo voltaic)
RESH	Reststoffe Shredder (entspricht der Shredderleichtfraktion SLF)
RVQ	Recycling- und Verwertungsquote
SDR	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR); SR 741.621
SLF	Shredderleichtfraktion (entspricht den Reststoffen Shredder RESH)
STM	Seltene Technologiemetalle
StSG	Strahlenschutzgesetz; SR 814.50

StSV	Strahlenschutzverordnung, SR 814.501
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
USG	Umweltschutzgesetz; SR 814.01
VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen; SR 814.610
VREG	Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte; SR 814.620
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung); SR 814.600

A 2.2 Glossar

Abfall	Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist. (Art. 7 Abs. 6 USG). Erläuterungen zur Abgrenzung zwischen Produkt und Abfall werden in der Vollzugshilfe Allgemeine Bestimmungen der VVEA erläutert.
Abfallanlage	Anlagen, in denen Abfälle behandelt, verwertet, abgelagert oder zwischengelagert werden; ausgenommen sind Materialentnahmestellen, in denen Aushub- und Ausbruchmaterial verwertet wird (Art. 3 Bst. g VVEA).
Abgeberbetrieb	Als Abgeberbetrieb gelten Unternehmen und Dienststellen von Behörden, die ihre Abfälle an örtlich getrennte Betriebsstätten oder an Dritte übergeben. Entsorgungsunternehmen, die Abfälle zur Entsorgung an örtlich getrennte Betriebsstätten oder an Dritte weiterleiten, gelten ebenfalls als Abgeberbetrieb. Nicht als Abgeberbetrieb gelten Unternehmen und Dienststellen von Behörden, die Abfälle Dritter lediglich transportieren. (Art. 3 Abs. 1 VeVA).
Ausbeute	Massenanteil eines als Produkt aus der Verarbeitung zurückgewonnen Metalls («Ausgang») zum zugeführten Inhalt dieses Metalls im Eingang der Verarbeitung («Infeed»)
Basismetalle	Basismetalle umfassen die nichteisenhaltigen Industriemetalle wie Aluminium, Blei, Kupfer, Nickel und Zink-
Batchversuch	Verarbeiten einer Charge in einer bestehenden Anlage unter repräsentativen Bedingungen, um Menge und Zusammensetzung der resultierenden Output Fraktionen zu bestimmen (in Anlehnung an: SN EN 50625-1:2014 de). Wird in den SN 50625 Normen auch als Testchargenverarbeitung bezeichnet.
Bauteile	Viele Elektrogeräte enthalten Bauteile (=Bestandteile), die auch als eigenständige Geräte vorkommen bzw. in Verkehr gebracht werden, z. B. Netzteile, Laufwerke, Bildschirme. Werden solche Bauteile zu Abfall, fallen sie unter den umfassenden Begriff Elektroaltgeräte (EAG).
Bedenkliche Stoffe	Der Begriff der bedenklichen Stoffe (engl. «substances of concern») stammt aus der WEEE-Richtlinie ⁶² , und bezieht sich auf Stoffe in Kondensatoren wird jedoch weder darin noch in der EU-Gesetzgebung explizit definiert.
Behandlung	Als Behandlung gilt jede physikalische, chemische oder biologische Veränderung der Abfälle (Art. 7 Abs. 6 ^{bs} USG).
Behandlung, thermische	Die Behandlung von Abfällen mit so hoher Temperatur, dass umweltgefährdende Stoffe zerstört oder durch Mineralisierung physikalisch oder chemisch gebunden werden (Art. 3 Bst. l VVEA).
Behandlungsstrom	Der Behandlungsstrom ist eine Klassierung von EAG entsprechend der dafür nötigen Verarbeitung. Die Leistungsfähigkeit (Güte) des Entsorgungssystems wird für jeden Behandlungsstrom einzeln bestimmt, u.a. durch die Berechnung der Recycling- und Verwertungsquoten (RVQ).
Bestandteile	Bestandteile sind elektrische und elektronische Teile von Geräten, die für den Betrieb der Geräte unabdingbar sind (Art. 3 Bst. b VREG).
Datenspeicher	Datenspeicher können Datenträger oder Speichermedien sein, die mit Hilfe elektronischer Geräte beschrieben oder gelesen werden können. Datenspeicher können auch elektronische Bauteile sein, die innerhalb von Schaltkreisen Daten speichern. Sie können fest oder wechselbar in elektronischen Geräten eingebaut sein. Man unterscheidet zwischen elektronischen, magnetischen, optischen, gemischten und sonstigen Datenspeichern.
Deponien	Deponien sind Abfallanlagen, in denen Abfälle kontrolliert abgelagert werden. (Art. 3 Bst. k VVEA).
Detailhändler	Detailhändlerinnen und Detailhändler sind eine Untergruppe der Händlerinnen und Händler. Sie geben Geräte und Bestandteile nur an Endverbraucherinnen und Endverbraucher ab (Art. 3 Bst. e VREG).
Edelmetalle	Edelmetalle sind Metalle, die korrosionsbeständig sind, das heißt die in natürlicher Umgebung unter Einwirkung von Luft und Wasser dauerhaft chemisch stabil sind. Alle Edelmetalle und Halbedelmetalle zählen zu den Schwermetallen.

Elektroaltgeräte	Elektroaltgeräte (EAG) sind elektrische und elektronische Geräte, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist (Art. 7 Abs. 6 USG). Sie umfassen auch ihre Bestandteile.
Emissionen	Luftverunreinigungen, Lärm, Erschütterungen und Strahlen werden beim Austritt aus Anlagen als Emissionen, am Ort ihres Einwirkens als Immissionen bezeichnet. (Art. 7 Abs. 2 USG).
Endbehandlung	Verwertungsverfahren, welches aus EAG und Fraktionen daraus Funktionen, Materialien und Energien rückgewinnen, die keine Abfalleigenschaft mehr aufweisen.
Entsorgung	Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung. (Art. 7 Abs. 6 ^{bis} USG)
Entsorgungsunternehmen	Unternehmen, die Geräte und Bestandteile zur Entsorgung entgegennehmen, <i>ausgenommen öffentliche Sammelstellen</i> ⁶³ , Transporteure und Rücknahmepflichtige. (Art. 3 Bst. g VREG)
Erstbehandler	Das erste Entsorgungsunternehmen, welches an den EAG eine Behandlung ausführt.
Endbehandler	Das Entsorgungsunternehmen, welches die Fraktionen aus der Behandlung von EAG einem Endnutzen zuführt. Endnutzen umfassen die funktionale, stoffliche oder energetische Verwertung und die Beseitigung durch Verbrennung oder Deponierung.
Endnutzung	Die Endnutzung bezeichnet die finale Nutzung eines Materials. Darunter fallen: stoffliche Verwertung (Nutzung des Sekundärmaterials), energetische Verwertung (Nutzung der Energie), Wiederverwendung (Nutzung des Gerätes) und Beseitigung.
Folgebehandler	Alle Behandler in der Behandlungskette die nach dem Erstbehandler kommen.
Fraktion	Ein durch die Behandlung von EAG erzeugter separater Strom eines Behandlers.
Fraktion, reine	Fraktionen (z. B. Kunststoff PP, PC-ABS Mischkunststoff, Eisen, Messing) mit weniger als zwei Massenprozent fremden, nicht-kompatiblen Materialien und einem Gehalt von gefährlichen Stoffen unter den relevanten Grenzwerten.
Fraktion, unrein	Fraktionen (z. B. ABS mit bromierten Flammschutzmitteln, Shredderleichtfraktion, Eisen-Kupfer Gemisch, Aluminium mit Quecksilberverunreinigungen) mit mehr als zwei Massenprozent fremden, nicht-kompatiblen Materialien und/oder einem Gehalt von gefährlichen Stoffen über relevanten Grenzwerten.
Fremdanteil	Mit Fremdanteil ist ein Material gemeint, das dem vorgesehen (Ziel-) Output Material unbeabsichtigter Weise beigemischt ist. Für eine bestimmte Metallfraktion sind dies z. B. alle Materialien, ausser diesem Metall. Material bezieht sich auf die Stoffe, aus welchen der Gegenstand hergestellt ist, z. B. Kupfer, Eisen, Holz, ABS, PP, Glas.
funktionstüchtig	Ein Gerät wird als funktionstüchtig beurteilt, wenn es ohne weitere Behandlung für den bestimmungsgemässen Gebrauch wiederverwendet werden kann.
Geräte	Als Geräte gelten elektrische und elektronische Geräte, die zu ihrem ordnungsgemässen Betrieb elektrische Energie verwenden und im Haushalt, beruflich oder gewerblich genutzt werden (Art. 3 Bst. a VREG).
Grenzwert	Maximal erlaubter Wert für einen Parameter.
Händler	Händlerinnen und Händler sind natürliche oder juristische Personen, die Geräte in der Schweiz beziehen und sie gewerblich abgeben. (Art. 3 Bst. d VREG)
Hersteller	Herstellerinnen und Hersteller sind natürliche oder juristische Personen, die Geräte beruflich oder gewerblich herstellen oder zur gewerblichen Abgabe einführen. (Art. 3 Bst. c VREG)
Lagerung	Als Lagerung gilt das Aufbewahren für die Behandlung im eigenen Betrieb oder für den Abtransport, resp. die Abgabe an Folgebehandler. (VVEA)
Leuchte	Die Leuchte ist eine Einheit, welche die Aufnahmeverrichtung für ein bestimmtes Leuchtmittel enthält (Sockel) sowie gegebenenfalls auch ein dafür benötigtes Vorschaltgerät. Zusätzlich beinhaltet eine Leuchte meistens auch die nötige Vorrichtung für die Lichtlenkung (Reflektor).
Leuchtmittel	Alle elektrischen Betriebsmittel oder elektrischen Verbraucher, die dazu dienen, Licht zu erzeugen, bezeichnet man als Leuchtmittel. Leuchtmittel sind die Lichtquellen in den Leuchten.
Materialbuchhaltung	Die Materialbuchhaltung beinhaltet eine mengenmäßige Erfassung der Materialeingänge, der Lager und der Materialausgänge unterteilt in festgelegte EAG, Material oder Stoffkategorien.
Recyclingquote	Die Recyclingquote bezeichnet das Verhältnis des stofflich verwerteten Anteils an der Outputmasse zur gesamten Inputmasse eines Behandlungsstroms.
Richtwert	Ein Richtwert ist ein Wert, den man einhalten und nach dem man sich richten soll, ohne dass eine rechtliche Verpflichtung zur Einhaltung besteht.

63 Vom Gemeinwesen oder von Privaten im Auftrag des Gemeinwesens betriebene Sammelstellen oder Sammelanlässe (siehe «Sammelstellen»)

Sammelstelle	Vom Gemeinwesen oder von Privaten im Auftrag des Gemeinwesens betriebene Sammelstellen oder Sammelanlässe (Art. 3 Bst. f VREG).
Schadstoff-entfrachtung	Selektive Behandlung, bei der bestimmte Stoffe, Gemische und Bestandteile aus EAG oder Fraktionen entfernt werden. Die Schadstoffentfrachtung soll alle schadstoffhaltigen Bestandteile umfassen (Kondensatoren, Batterien, Leiterplatten, Kabel, Displays etc.).
Sekundärrohstoff	Material, das wiederverwendet oder in anderen Materialien wiederverwertet wird (IATE ⁶⁴).
Seltene Technologiemetalle	Seltene Technologiemetalle umfassen solche, die geochemisch selten (< 100 ppm in der Erdkruste, gemäß Skinner 1979) und für zukünftige Technologieentwicklungen unabdingbar sind; u.a. die Edelmetalle (Gold, Silber, Palladium, Platin), die Seltenerdmetalle (z. B. Neodym, Samarium, Dysprosium) und viele weitere, häufig lediglich in Kleinstmengen verwendete Metalle (z. B. Indium, Gallium, Germanium, Tantal).
Stand der Technik	Der aktuelle Entwicklungsstand von Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der bei vergleichbaren Anlagen oder Tätigkeiten im In- oder Ausland erfolgreich erprobt ist oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurde und nach den Regeln der Technik auf andere Anlagen oder Tätigkeiten übertragen werden kann, und für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche wirtschaftlich tragbar ist. (Art. 3 Bst. h VREG).
Stoffe	Stoffe sind natürliche oder durch ein Produktionsverfahren hergestellte chemische Elemente und deren Verbindungen. Ihnen gleichgestellt sind Zubereitungen (Gemenge, Gemische, Lösungen) und Gegenstände, die solche Stoffe enthalten.
Unternehmen	Ein Unternehmen bezeichnet eine rechtliche Einheit mit einer eigenen Unternehmens-Identifikationsnummer oder solche in einem Konzern zusammengeschlossene Einheiten mit einem gemeinsam organisierten Abfallentsorgungssystem (Art. 3 Bst. b VVEA).
Verwertung	Die Verwertung von Abfällen umfasst die Rückgewinnung ihrer funktionalen (Wiederverwendung), stofflichen oder energetischen Anteile (abgeleitet von den nachfolgenden drei Begriffserklärungen).
Verwertung, funktionale	Für EAG ist das Ziel der funktionalen Verwertung ihre Wiederverwendung. Jedes Verfahren mit dem Ziel, Geräte und Bestandteile, die zu Abfällen geworden sind, so vorzubereiten, dass sie wieder für denselben Zweck verwendet werden können, für den sie ursprünglich bestimmt waren.
Verwertung, stoffliche	Verfahren, durch welches Sekundärrohstoffe rückgewonnen werden und wieder in den Wirtschaftskreislauf geführt werden.
Verwertung, energetische	Einsatz von Abfällen zur Strom- und Wärmeerzeugung.
Verwertungsquote	Die Verwertungsquote bezeichnet das Verhältnis des stofflich plus energetisch verwerteten Anteils an der Output Masse zur gesamten Inputmasse eines Behandlungsstroms.
Vorbereitung zur Wiederverwendung	Vorbereitung zur Wiederverwendung ist jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung, Reparatur oder Wiederaufarbeitung, bei dem Produkte oder Bestandteile von Produkten, die zu Abfälle geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie wiederverwendet werden können.
Wiederverwendung	Wiederverwendung meint den erneuten Einsatz einer (als Abfall zu qualifizierenden) Sache zum ursprünglichen oder auch zu einem anderen Zweck. Die Sache ist bis zu ihrem erneuten Einsatz Abfall, wenn sie auf dem Weg zu ihrer Wiederverwendung die entsorgungstypischen Stufen der Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung oder Behandlung durchläuft.
Zielmaterialien	Zielmaterialien bezeichnen diejenigen Stoffe (Wert- und Schadstoffe), Gemische und Bestandteile, welche im gesamten Behandlungsprozess gezielt stofflich oder energetisch verwertet oder beseitigt werden müssen. Es kann sich sowohl um klassische Wertstoffe wie Kupfer, Aluminium oder Eisen, als auch um Schadstoffe wie Quecksilber, Cadmium oder PCB handeln.
Zielwert	Minimalwert für einen Parameter
Zwischenlagerung	Lagerung von Abfällen für eine begrenzte Zeit (vgl. dazu Art. 29–30 VVEA)

64 IATE (Interactive Terminology for Europe) ist die Datenbasis der in der EU verwendeten Terminologie

Anhang 3 Wärmetauschergeräte

A 3.1 Geltungsbereich

Die nachfolgenden Angaben zum Stand der Technik gelten für Betriebe, welche Kühl-, Gefrier-, Klima- und andere Geräte mit flüchtigen Fluorkohlenwasserstoffen (nachfolgend VFC⁶⁵ genannt) und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (nachfolgend VHC⁶⁶ genannt) sowie sonstige Wärmetauschergeräte sammeln, transportieren, umschlagen, zwischenlagern oder behandeln. Diese Stoffe (VFC, VHC) sowie NH₃ können als Kältemittel im Kühlsystem (teilweise in Öl gelöst) und als Treibmittel im Isolationsschaum der zu behandelten Geräte lokalisiert werden.

Für Herstellung, Inverkehrbringen, Ein- und Ausfuhr sowie Verwendung von Anlagen und Geräten mit Kältemitteln gelten die Bestimmungen von Anhang 2.10 ChemRRV. Für die Entsorgung gelten die VVEA, die VeVA und die VREG.

A 3.2 Ziele

Die Ziele der Behandlung von Kühlgeräten, sonstigen Wärmetauschergeräten und anderen Produkten, die NH₃, VFC und/oder VHC enthalten, sind:

- Die Auftrennung in Fraktionen, die möglichst stofflich- oder nachrangig energetisch verwertet oder, falls nicht verwertbar, beseitigt werden müssen.
- Die Rückgewinnung und anschließende umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung der NH₃, VFC und VHC, sofern vorhanden.
- Die Entfernung und umweltverträgliche Entsorgung anderer Schadstoffe bzw. schadstoffhaltiger Komponenten (z. B. Quecksilber-Schalter, Kondensatoren, PCB-haltige Öle etc.)

⁶⁵ VFC: Volatile Fluorocarbon, entspricht dem deutschen flüchtige Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), aber auch teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW) und teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW) werden hier dazu gezählt.

⁶⁶ VHC: Volatile Hydrocarbon, entspricht dem deutschen flüchtige Kohlenwasserstoffe (KW).

A 3.3 Spezifische Begriffe

Begriff	Definition
Beraubte Geräte	Geräte ohne Kältekreislauf oder Kompressor
Gekapseltes System	Anlagensystem, das jegliche Emissionen von Kälte- oder Treibmitteln im Rahmen der Behandlung von Kühlgeräten und einer sich daran anschliessenden Rückgewinnung, Zerstörung oder Umwandlung dieser Stoffe verhindert
Kältekreislauf	Bestandteil, welcher ein Kältemittel zum Übertragen von Wärmeenergie von einem Teil des Gerätes zu einem anderen Teil nutzt
Kältemittel	Als Kältemittel gelten Stoffe oder Zubereitungen, die in Geräten oder Anlagen Wärme von einer tieferen auf eine höhere Temperatur transportieren. Bei den im Kältekreislauf enthaltenen Stoffe kann es sich unter anderem um VFC, VHC oder NH ₃ handeln. (Anhang 2.10 ChemRRV)
Leistungstest	Behandlung von Kühlgeräten unter definierten Bedingungen zur Ermittlung der Anlagenleistungsfähigkeit von Stufe 1, Stufe 2 hinsichtlich der Rückgewinnung von Kälte- und Treibmitteln.
Öl	Öl im Kältekreislauf, das den Kompressor schmiert und in der Regel VFC- und/oder VHC-haltig ist. Öle, die in Radiatoren als Wärmeüberträgermedium dienen, können polychlorierte Biphenyle (PCB) enthalten.
Stufe 1	Prozess, im Rahmen dessen die Entfernung von Kältemittel-Ölgemischen (oder NH ₃ -/H ₂ O-Gemischen) aus dem Kühlsystem und anschliessende Trennung der Kältemittel vom Öl in einem gekapselten System stattfindet. ANMERKUNG: Ausser den o.g. Materialien werden in der Stufe 1 gegebenenfalls auch andere Komponenten (d. h. Kompressoren, Kabel, Glastablar, Kunststoffteile, Quecksilberschalter, Kondensatoren) entfernt.
Stufe 2	Prozess, im Rahmen dessen die Entfernung der Isolationsmaterialien aus den Kühlgeräten und anschliessende Entfernung der VFC und VHC aus dem Isolationsschaum in einem gekapselten System stattfindet. ANMERKUNG 1: Ausser den o.g. Materialien werden in der Stufe 2 auch andere Komponenten (d. h. Eisenmetalle, Nichteisenmetalle, Kunststoffe, Wasser) entfernt. ANMERKUNG 2: Die Behandlungsstufe 2 ist nicht anwendbar für Wärmepumpentrockner- und -geschirrspüler, Raumluft-Entfeuchter und tragbare Klimaanlage, wenn sie keinen Isolationsschaum enthalten.
Technisch defekte Geräte	Sowohl visuell als defekt erkennbare Geräte als auch solche, die eine Beschädigung des Kühlkreislaufs aufweisen, die nicht visuell erkennbar ist. Letztere lassen sich aufgrund des Überschreitens eines kritischen Verhältniswerts (gekennzeichnete Einfüllmenge zur total abgesaugten Masse) identifizieren.
Treibmittel	Fluide, die benutzt werden, um die Zellstruktur der Isolationsmaterialien zu bilden. Die Fluide können VFC- oder VHC-Stoffe sein. Sie sind sowohl in den Poren der PUR-Isolation enthalten als auch in deren Matrix.
Vakuum-Isolationspaneel (VIP)	Kühlgeräte-Bestandteile, die zur Optimierung der Energie-Effizienz beitragen. Der Stützkern dieser in Geräten neueren Baudatums enthaltenen VIP besteht aus einem pulverförmigen Dämmstoff (z. B. pyrogene Kieselsäure, Glasfasern, und anderen Füllstoffen) der mehrlagig mit luftdichten Folien ummantelt ist. VIP ersetzen in Teilen die übliche PUR-Isolierung.

A 3.4 Gerätegruppen und -klassen

Entsprechend der in den Geräten enthaltenen Kälte- bzw. Treibmitteln verwendeten Stoffe werden zwei Gruppen unterschieden:

Tab. A4: Kühlgeräte-Gruppen

Gruppe	Beschreibung
Kompressor-Kühlgeräte	Geräte mit FCKW, HFCKW und HFKW (z. B. R11, R12, R22, R502, R134a) [im Folgenden vereinfacht VFC ¹ -Geräte genannt] und Geräte mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen (z. B. Isobutan, Cyclopentan ⁶⁷) im Folgenden vereinfacht VHC ² -Geräte genannt].
Absorber-Kühlgeräte (NH ₃)	Geräte, die im Kältekreislauf eine Chrom(VI)-haltige NH ₃ -Lösung enthalten.

Tab. A5: Kühlgeräte-Klassen

Klasse	Fassungsvermögen [m ³]	Größte Abmessung Länge [m]	Bemerkungen
1	< 0,18		Kleine Kühlgeräte
2	0,18–0,35		Kühlgeräte oder kombinierte Kühl- und Gefriergeräte
3	<0,5		Tiefkühlgeräte, -schränke und -truhen
4	>0,5	<2,2	Grosse Kühl- und Gefriergeräte
5		=/≥2,2	Sehr grosse Kühl- und Gefriergeräte
6			Geräte zur automatischen Abgabe von Kaltprodukten, Klimageräte, Entfeuchter, Wärmepumpen, andere VFC- oder VHC-enthaltende Elektroaltgeräte, die nicht den Klassen 1–5 zugerechnet werden
7			Ölgefüllte Radiatoren und andere Wärmeüberträger, bei denen andere Flüssigkeiten als Wasser für die Wärmeübertragung verwendet werden
8			Alle VFC- und VHC-haltigen Produkte, die nicht den Kategorien 1–6 zugeordnet werden können (z. B. geschäumte Paneele, geschäumte Boiler)

Die Geräte der Klassen 1–6 werden im Folgenden vereinfachend zusammengefasst als «Kühlgeräte»⁶⁸ bezeichnet.

⁶⁷ Cyclopentan wird nicht als Kältemittel, aber im Isolierschaum verwendet.

⁶⁸ Die EU WEEE-Richtlinie führt diese Geräte neben anderen Gerätearten unter dem Begriff «Wärmetauscher-Geräte»

A 3.5 Schad- und Wertstoffe

Tab. A6: Schad- und Wertstoffe in Kühlgeräten

Gruppe	Schadstoffe	Wertstoffe
Kompressor-Kühlgeräte	FCKW, HFKW und HFKW Quecksilberhaltige Bestandteile Kondensatoren Bromhaltige Kunststoffe Flüssigkristallanzeigen	Fe, Al, Cu Kunststoffe Entgaste PUR-Materialien Leiterplatten Glas Kabel
Absorber-Kühlgeräte (NH ₃)	NH ₃	

A 3.6 Anforderungen an Sammlung, Transport, Umschlag und Zwischenlagerung

Die Handhabung der Geräte in der Kette – Sammelstelle – Transport – Zwischenlagerung – Anlieferung beim Betrieb ist so schonend wie möglich durchzuführen, um Kälte- und Treibmittelverlusten durch eventuelle Beschädigungen an den Kältekreisläufen bzw. den Isolationsmaterialien zu vermeiden. Kühlgeräte sind im Rahmen des Transportes nebeneinander aufzustellen und zu fixieren, um ein Umfallen zu verhindern. Die beim Transport sowie Umschlag (Be- und Entladen) involvierten Personen sind in schriftlicher Form auf die notwendigen Schutzmassnahmen beim Umgang mit Kühlgeräten hinzuweisen. Werden in einer Lieferung mehrere (> 20 % der Lieferung) Geräte mechanisch defekt oder beraubt angeliefert, so soll das Entsorgungsunternehmen der Vollzugsbehörde Angaben über Menge, Lieferanten und Transporteur melden.

Die Annahme der Kühlgeräte beim Entsorgungsunternehmen hat so zu erfolgen, dass eine weitere Beschädigung der Geräte, die eine Behandlung erschweren oder verhindern würde oder die eine Freisetzung umweltgefährdender Stoffe bewirkt, ausgeschlossen wird. Insbesondere ist eine Beschädigung der Kreislauftteile durch geeignete Massnahmen auszuschliessen. Das Abladen durch Abgleiten der Geräte aus den Containern oder Kippen der Container ist ebenfalls verboten. Das Entsorgungsunternehmen hat geeignete Massnahmen zum Auffangen allfällig auslaufender Flüssigkeiten zu ergreifen. Ausserdem sind Bindemittel zum Aufsaugen und Binden für auslaufende Flüssigkeiten (insbesondere Kältemaschinenöle aus defekten Kühlgeräten) in ausreichender Menge bereitzuhalten. Für den Transport dürfen die Kühlgeräte weder zerkleinert, gepresst noch in irgendeiner Form beschädigt werden.

Die Lagerung der Kühlgeräte und das Handling mit den Kühlgeräten beim Entsorgungsunternehmen müssen so ausgeführt werden, dass Beschädigungen an den Kältekreisläufen bzw. den Isolationsmaterialien vermieden werden. Zur Vermeidung von Emissionen an gefährlichen oder umweltbelastenden Stoffen (VFC, VHC, Öl, Quecksilber etc.) dürfen Kühlgeräte bei jeglichen Tätigkeiten im Betrieb weder gestossen noch gestürzt werden.

A 3.7 Anforderungen an die Behandlung

Alle Anlagen zur Behandlung von Kühlgeräten müssen gegen Explosionen geschützt sein, und der Betrieb soll die Anforderungen an den Brand- und Explosionsschutz befolgen. Der Betrieb soll alle für seinen Standort relevanten Sicherheitsbestimmungen einhalten.

Die Behandlung von Kühlgeräten teilt sich auf in Stufe 1⁶⁹ und Stufe 2⁷⁰. Die Anlagen und deren Betrieb müssen, soweit anwendbar, den Anforderungen des Montrealer Protokolls⁷¹ und Artikel 7 ChemRRV entsprechen.

A 3.7.1 Stufe 1: Entnahme der Kältemittel

Für alle Gerätegruppen und Gerätekategorien 1–6 gelten folgende Anforderungen an die Stufe 1:

- Alle Kältemittel (VFC, VHC und NH₃) müssen aus den Kältekreisläufen der Geräte entfernt, erfasst und in geeigneten Behältern aufgefangen werden. Die Entnahme der Kältemittel soll in gekapselten Systemen erfolgen. Bei der Durchführung der Stufe 1 müssen jegliche Emissionen von Kältemitteln vermieden werden.
- Alle Flüssigkeiten (Kältemittel und Öl) müssen entfernt werden. Kompressoren gelten als leer, wenn sie im Durchschnitt weniger als 15 g Öl direkt nach dem Absaugen enthalten. Zum Abtransport bereitgestellte Kompressoren müssen tropffrei sein.
- Kältemittel (VFC und VHC) müssen vom Öl getrennt werden. Sämtliche Öle müssen einem Entgasungsprozess zugeführt werden. Das entgaste Öl darf einen maximalen Restgehalt an VFC und VHC von insgesamt 0,2 Gewichtsprozent (Summenwert) enthalten.⁷²
- Die Masse an entferntem, erfasstem und aufgefangenem Kältemittel soll im Rahmen der jährlich durchzuführenden Leistungstests sowie im Rahmen des täglichen Betriebes gleich oder grösser 90 Prozent der erwarteten Masse sein. Umfang und Beschreibung der Leistungstests werden gemäss Vorgaben in Anhang AA der Norm⁷³ und Kapitel 4.103.2 der technischen Spezifikationen⁷⁴ aufgeführt.
- Die Erfassungsmasse der aus dem Kältekreislauf von Geräten der Klassen 1–4 rückgewonnenen VFC hat (bestimmt als Summe der Einzelkomponenten) im Jahresdurchschnitt mindestens 90 Prozent der zu erwartenden Masse von 113 Gramm pro intaktem Kältekreislauf zu betragen (=Zielwert VFC). Die Erfassungsmasse der aus dem Kältekreislauf von Geräten der Klassen 1–4 gewonnenen VHC hat, bestimmt als Summe der Einzelstoffe, im Jahresdurchschnitt mindestens 90 Prozent der zu erwartenden Masse von 54 Gramm pro intaktem Kältekreislauf zu betragen (=Zielwert VHC). Die Methodik zur Ermittlung der erreichten Erfassungsmasse im jeweiligen Berichtsjahr ist dem Kapitel 4.102.2 der technischen Spezifikationen⁷⁵ zu entnehmen.
- Die Stufe 1 der Geräteklassen 5 bis 6 soll getrennt von der jener der Klassen 1–3 durchgeführt und dokumentiert werden.
- Bei Anlagen, in denen VHC- Kältemittel getrennt von VFC- Kältemitteln abgesaugt werden, soll der Anlagenbetreiber sicherstellen, dass keine VFC-haltige Kühlgeräte in der VHC-Linie bearbeitet werden. Behälter, die zur Aufnahme von VHC-Kältemitteln vorgesehen sind, müssen VFC-frei bleiben. Im Rahmen des täglichen Monitorings soll der Betreiber sicherstellen, dass der VFC-Gehalt in vermeintlich nur VHC-Kältemittel enthaltenden Behältern kleiner als 0,01 Gewichtsprozent beträgt⁷⁶. Der Grenzwert darf nicht künstlich dadurch unterschritten werden, indem Behälterinhalte mit unterschiedlichem VFC-Gehalt miteinander vermischt

69 Inklusive der Entnahme anderer Fraktionen (Kompressoren, Öl, Glas, Kondensatoren, Quecksilberschalter, Kabel, etc.)

70 Inklusive der Entnahme anderer Fraktionen (Eisenmetalle, Nichteisen-Metalle, Kunststoffe, Polyurethan, Wasser etc.)

71 Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen (0.814.021)

72 Es sind die in SN EN 50625-3-4 Anhang CC näher beschriebenen Probe- und Analysen-Methoden anzuwenden

73 SN EN 50625-2-3:2017

74 CLC/TS 50625-3-4:2017

75 CLC/TS 50625-3-4:2017

76 Es sind die in CLC/TS 50625-3-4, Kapitel 12 näher beschriebenen Probe- und Analysen-Methoden anzuwenden

werden. Insbesondere darf Öl aus Radiatoren nicht mit VFC-haltigem Öl vermischt werden.

- Bezüglich der Behandlung von Absorber-Kühlgeräten wird kein Rückgewinnungsgrad für Ammoniak festgelegt, jedoch müssen die zur weiteren Verwertung abgegebenen Eisenteile frei von NH_3 -Lösung sein.
- Die in Absorber-Kühlgeräten verwendeten NH_3 -Lösungen können Chrom-(VI)-Verbindungen enthalten, die über ein kanzerogenes Potential verfügen. Die Behandlung der Absorber-Kühlgeräte soll daher unter Anwendung der Arbeitssicherheitsmassnahmen (gem. Suva) zum Schutze der Mitarbeitenden stattfinden.
- Sofern die Kältekreisläufe nicht vom Chromat gereinigt wurden, müssen deren Metallteile aufgrund ihres Chromat-Restgehaltes ohne Vorbehandlung (z. B. Zerkleinern) direkt dem Schmelzwerk zugeführt werden.
- Die Entsorgung jeder weiteren aus der Behandlung von Absorber-Kühlgeräten resultierenden Fraktion (Wasser, NH_3) hat dem Chromat-Gehalt Rechnung zu tragen.

A 3.7.2 Stufe 2: Entnahme der Treibmittel

Für alle Geräte, die in den PUR-Isolationsschäumen VFC oder VHC-Treibmittel (oder beide) enthalten, gelten folgende Anforderungen an die Stufe 2:

- Die Isolationsmaterialien der Geräte müssen in einer gekapselten Anlage entnommen und zerkleinert werden.
- Die Treibmittel müssen aus den entnommenen Isolationsmaterialien entfernt werden. Der Summenwert für die maximal erlaubte Restkonzentration an VFC und VHC im entgasten PUR beträgt insgesamt 0,2 Gewichtsprozent (Summenwert). Die Einhaltung soll durch periodische Messungen (mind. vierteljährlich) nachgewiesen werden.
- Die bei der Entnahme der Isolationsschäume und der anschliessenden Poren- und Matrixentgasung entfernten VFC- und VHC-Treibmittel müssen vollständig erfasst, rückgewonnen und anschliessend in geeigneten Behältern aufgefangen bzw. direkt vernichtet werden. Bei der Durchführung der Stufe 2 müssen jegliche Treibmittel-Emissionen vermieden werden.
- Die Masse an entfernten, erfassten und aufgefangenen VFC- und VHC-Treibmitteln soll im Rahmen der jährlich durchzuführenden Leistungstests sowie im Rahmen des täglichen Betriebes gleich oder grösser 90 Prozent der erwarteten Massen sein (=Zielwert). Die Zielwerte für die VFC- und VHC-Treibmittel sind in den technischen Spezifikationen in Kapitel 4.102.3⁷⁷ beschrieben. Umfang und Beschreibung der Leistungstests werden gemäss Vorgaben in Norm-Anhang BB⁷⁸ ausgeführt.
- Es ist seitens der Betreiber sicherzustellen, dass die Restanteile Polyurethan (PU) an den zur Verwertung anstehenden Metall- und Kunststoff- Fraktionen zur Vermeidung von VFC- und VHC-Verlusten absolut minimiert werden. Als Grenzwert sind nach Durchführung aller Behandlungsschritte maximale Restanteile von 0,3 Gewichts-% Polyurethan in den Metallfraktionen und 0,5 Gewichtsprozent Polyurethan in den Kunststofffraktionen einzuhalten.
- Die Abluftkonzentration sowie der Massenstrom an flüchtigen organischen Verbindungen (VFC und VHC) müssen kontinuierlich gemessen werden. Die Abluftkonzentration an VFC darf gemäss LRV bei einem Massenstrom $\geq 0,1 \text{ kg/h}$ einen Wert von 20 mg/m^3 nicht überschreiten, jene an VHC bei einem Massenstrom $\geq 3 \text{ kg/h}$ nicht einen Wert von 150 mg/m^3 .

⁷⁷ CLC/TS 50625-3-4:2017

⁷⁸ SN EN 50625-2-3:2017

Die Mindest-Erfassungsmassen gelten sowohl für den Mischbetrieb (VFC-Geräte und VHC-Geräte gemeinsam behandelt) als auch für den Betrieb von Stufe 2-Anlagen mit ausschliesslich VFC- oder VHC-Geräten. Die Methodik zur Ermittlung der erreichten Erfassungsmasse im jeweiligen Berichtsjahr ist dem Kapitel 4.102.3⁷⁹ zu entnehmen. Geräte, deren Isolation teilweise oder vollständig aus VIP besteht, werden nicht in die Stichprobe für den Leistungstest einbezogen resp. aus der Bewertung ausgenommen.

Als Grundlage für die Berechnung der zu erwartenden VFC- und VHC-Massen gilt die Schaummasse von VFC-haltigen und VHC-haltigen Geräten der jeweiligen Klasse (resp. von Produkten) in Verbindung mit dem durchschnittlich zu erwartenden Gehalt an VFC und VHC pro kg PUR (ursprünglich im unbehandelten PUR-Schaum enthalten). Der zu erwartende Gehalt an VFC pro kg PUR-Schaum beträgt 8,2 Gewichtsprozent; der zu erwartende Gehalt an VHC pro kg PUR-Schaum 3,8 Gewichtsprozent. Diese Eckdaten sind im Rahmen des individuellen Monitorings zugrunde zu legen.

Bei Anlagen, in denen VHC-Treibmittel getrennt von VFC-Treibmitteln entnommen werden, soll der Anlagenbetreiber sicherstellen, dass keine VFC-haltige Kühlgeräte in der VHC-Linie bearbeitet werden. Behälter, die zur Aufnahme von VHC- Treibmitteln vorgesehen sind, müssen VFC-frei bleiben. Im Rahmen des täglichen Monitorings soll der Betreiber sicherstellen, dass der VFC-Gehalt in vermeintlich nur VHC-Treibmittel enthaltenden Behältern kleiner 0,01 Gewichtsprozent beträgt. Der Grenzwert darf nicht künstlich dadurch unterschritten werden, indem Behälterinhalte mit unterschiedlichen VFC-Gehalten miteinander vermischt werden.

Bei Behältern (Vorsammler, Zwischentank), in denen VFC und/oder VHC aufgefangen werden, soll vor der Überführung der Flüssigkeiten in den Transporttank zwingend eine kontinuierliche Ermittlung der mit den Treibmitteln ausgetragenen Wasseranteile durchgeführt werden, sofern nicht aufgrund technischer Einrichtungen die Wasseranteile automatisch separat ausgetragen werden.

Behandlung von Geräten, die VIP enthalten

Vakuum-Isolations-**P**aneele enthalten u.U. Stäube, die gesundheitsgefährlich sein können. Bei der Behandlung von Geräten, die solche Bestandteile enthalten, ist daher verfahrenstechnisch dafür Sorge zu tragen, dass Staubemissionen minimiert werden. Entsprechende Bestimmungen der Luftreinhalteverordnung und der Vorschriften an die Arbeitssicherheit sind einzuhalten.

A 3.7.3 Stufe 3: Zerstörung der entnommenen Kälte- und Treibmittel

Alle entfernten, erfassten und aufgefangenen VFC- und VHC- Kälte- und Treibmittelmischungen müssen durch ein thermisches oder chemisches Verfahren nachweislich zerstört werden. Die Anlagen und deren Betrieb müssen den Anforderungen des Montrealer Protokolls⁸⁰ entsprechen. Die Betreiber der Endbehandlungsanlagen müssen jährlich Nachweise über Art und Umfang der vom Behandler angenommenen Kältemittel vorlegen. Ausserdem müssen sie jährlich einen Nachweis erbringen, dass die von ihnen betriebenen Anlagen im Dauerbetrieb einen Zerstörungs- und Abscheidegrad von 99,99 Prozent⁸¹ aufweisen.

⁷⁹ CLC/TS 50625-3-4:2017

⁸⁰ Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen (0.814.021); <https://ozone.unep.org/node/1941>

⁸¹ Grundlage: Anlage VII der EU-VO 1005/2009

Anlagen, die ausschliesslich für die Zerstörung von VHC aus Stufe 1- und/oder Stufe 2-Anlagen vorgesehen sind, müssen auf der Input-Seite mit Messinstrumenten ausgestattet sein, die kontinuierlich das Vorhandensein von VFC überprüfen und aufzeichnen.

Kälte- und Treibmittel, welche VHC sind, dürfen einer stofflichen Verwertung zugeführt werden, sofern für jeden einzelnen der Verwertung zugeführten Behälter der Nachweis erbracht wird, dass der Inhalt VFC-frei ist (Grenzwert < 0,01 Gewichtsprozent VFC).

NH₃-haltige Kältemittel sind umweltverträglich zu entsorgen. Hierbei ist der Chrom-(VI)-Gehalt zu beachten.

A 3.7.4 Anforderungen an Öl-haltige Radiatoren (Kat. 7)

Die möglicherweise PCB-haltigen Öle aus ölhaltigen Radiatoren sind durch geeignete Massnahmen rückstandsfrei aus den Radiatoren zu entfernen und in die dazu vorgesehenen Behälter zu überführen. Das Öl aus den Radiatoren darf nur mit anderen Ölen vermischt werden, falls es nachweislich PCB-frei ist. Sonstige Schadstoffe (z. B. eventuell vorkommendes Asbest) sind ebenfalls fachgerecht zu entnehmen. Die Entsorgung der Öle und schadstoffhaltigen Fraktionen soll gesetzeskonform erfolgen. Die zur Verwertung überführten Materialien (z. B. Eisen) müssen frei von Öl und anderen Schadstoffen sein.

A 3.8 Ziel- und Richtwerte

Tab. A7: Ziel- und Richtwerte bei der Behandlung von Kühlgeräten

Kompressor-Kühlgeräte	Zielwerte	Richtwerte
Stufe 1		
Entferntes, erfasstes und aufgefangenes Kältemittel (in % Erwartungswert) (im Rahmen des jährliche Leistungstest ermittelt)	≥ 90 Gew-%	-
Erfassungsmasse VFC (Kat. 1–3) (in % Erwartungswert von 113g)	≥ 90 Gew-%	-
Erfassungsmasse VHC (Kat. 1–3) (in % Erwartungswert von 54g)	≥ 90 Gew-%	-
VFC-Gehalt in VHC bei Anlagen mit getrennter Absaugung	-	0,01 Gew-%
Totaler VFC/VHC-Restgehalt im Öl nach Absaugung/Trennung (Summenwert)		0,2 Gew-%
Öl-Restgehalt in Kompressoren		15 g
Stufe 2		
Entferntes, erfasstes und aufgefangenes Treibmittel (in % Erwartungswert) (im Rahmen des jährliche Leistungstest ermittelt)	≥ 90 Gew-%	
Restanteile Polyurethan in Metallfraktionen	-	0,3 Gew-%
Restanteile Polyurethan in Kunststofffraktionen	-	0,5 Gew-%
Totaler VFC/VHC-Restgehalt im entgasten PUR (Summenwert)	-	0,2 Gew-%
VFC in der Abluft bei Massenstrom ≥ 0,1 kg/h	-	20 mg/m ³
VHC in der Abluft bei Massenstrom ≥ 3 kg/h		150 mg/m ³
Stufe 3		
Zerstörungsgrad entnommene Kältemittel	-	99,99 %
VFC-Gehalt in VHC für stoffliche Verwertung	-	0,01 Gew-%

A 3.9 Dokumentationspflichten

Zusätzlich zu den allgemeinen Dokumentationspflichten gemäss Kapitel 10 gelten die folgenden Anforderungen an das Monitoring der Betriebe im Rahmen von Stufe 1 und Stufe 2:

A 3.9.1 Eingang in den Betrieb

Der Betrieb registriert die seinem Eingangsbereich angelieferten Kühlgeräte tagesaktuell nach Masse (Produktionsinput). Alle Elektro-Altgeräte, die nicht dem Geltungsbereich gemäss Anhang A 3.4 entsprechen, werden ebenfalls tagesaktuell nach Masse registriert. Als Ergebnis dieser Eingangsverwiegung wird tagesaktuell die Masse der angelieferten Geräte aus dem Geltungsbereich dieser Vorschriften ermittelt und registriert.

A 3.9.1.1 Input Stufe 1

Der Betrieb ermittelt und registriert tagesaktuell folgende Daten hinsichtlich des Inputs in Stufe 1 und aggregiert diese zu wöchentlichen und monatlichen Auszügen. Die gesamte Erfassung und Auswertung wird anhand des sog. Kühlgerätedossiers (Aufzeichnungsdatei: Input – Output Stufe 1) dokumentiert:

- Anzahl der in der Stufe 1 behandelten Kühlgeräte gemäss Anhang A 3.4 getrennt nach den Gerätegruppen und -klassen (1 bis 6).
- Anzahl an Geräten, bei denen der Kältemittelkreislauf so defekt ist, dass ein Verlust an Kältemittel erwartet wird. Diese Daten werden getrennt für VFC- und VHC-haltige Geräte ermittelt und registriert.
- ANMERKUNG: Visuell nicht als defekt erkennbare Kältekreisläufe können nicht bei jeder Verfahrenstechnologie zuverlässig erkannt werden. Bei der Absaugung mittels Zangensystem wird bei VFC-Kältekreisläufen ein Druckausschlag am Manometer detektiert, was bei VHC-Geräten infolge viel geringeren Drucks nicht unbedingt der Fall ist. Bei der Absaugung mittels Bohrkopfs ist die Identifikation eines defekten Kältekreislaufs oft gar nicht möglich, weshalb fürs Monitoring «Defekt-Quoten» herangezogen werden müssen, wie sie im jährlichen Leistungstest ermittelt werden.
- Dokumentation der Lieferanten resp. Transporteure mit mehr als 20 Prozent defekten oder beraubten Geräten zwecks Meldungen an die Vollzugsbehörden.
- Durchsatz an Geräten pro Stunde Betriebszeit.

A 3.9.1.2 Output Stufe 1

Folgende Output-Ströme werden tagesaktuell ermittelt und registriert:

- Masse an VFC-/VHC-Gemisch sowie Masse an NH_3 , getrennt für die Geräteklassen 1–3 (zusammengefasst) und 4–6 (zusammengefasst). Diese Daten sind ins Kühlgerätedossier (Aufzeichnungsdatei) einzutragen.
- Werden VFC und VHC als Gemisch in demselben Behälter aufgefangen, soll dieser mittels repräsentativer Probenahme zwecks Ermittlung der chemischen Zusammensetzung (insbesondere hinsichtlich der Anteile VFC und VHC) beprobt werden. Die Analyse der Proben kann entweder pro befüllten Tank oder aus einer gewichteten Mischprobe aus mehreren Proben durchgeführt werden. Die Analysenergebnisse müssen dokumentiert werden.
- Jeder Wechsel der Behälter für die Aufnahme von Kältemitteln soll dokumentiert werden.
- Masse Öl.
- Es sind periodisch (mind. vierteljährlich) repräsentative Proben aus den befüllten Öl-Behältern zu ziehen und einer Analyse hinsichtlich ihres Restgehaltes an VFC und VHC zu unterziehen.⁸²

⁸² Es sind die in CLC/TS 50625-3-4, Kapitel 12 näher beschriebenen Probe- und Analysen-Methoden anzuwenden

- Sofern VHC separat von den VFC zurückgewonnen werden, ist jeder befüllte und zur Entsorgung anstehende Behälter repräsentativ zu beproben und einer Analyse des VFC-Gehaltes des vermeintlich ausschliesslich VHC enthaltenden Kältemittels zu unterziehen. Übersteigt der VFC-Gehalt einen Wert von 0,01 Prozent, ist der komplette Behälterinhalt so zu behandeln, als ob er ausschliesslich VFC enthalten würde.
- Masse aller anderen aus der Stufe 1 gewonnenen Fraktionen (Kompressoren, Kabel, Glas, Quecksilberschalter, Kondensatoren, Kunststoffe etc.).
- Anzahl aller Kühlgeräte, die nicht in die Stufe 2-Behandlung überführt werden sollen.
ANMERKUNG: z. B. Geräte ohne VFC-/VHC-haltige Isolationsmaterialien

A 3.9.1.3 Input Stufe 2

Der Betrieb ermittelt und registriert tagesaktuell folgende Daten hinsichtlich des Inputs in Stufe 2 und aggregiert diese zu wöchentlichen und monatlichen Auszügen. Die gesamte Erfassung und Auswertung wird anhand des sog. Kühlgerätedossiers (Aufzeichnungsdatei: Input – Output Stufe 2) dokumentiert:

- Anzahl der in der Stufe 2 behandelten Kühlgeräte gemäss Anhang A 3.4 getrennt nach den Geräteklassen 1–6 sowie die Anzahl fehlender und loser Türen.
- Anzahl und Masse an Geräten, die nicht in der eigenen Stufe 1 des Betriebes behandelt worden sind, aber als Input in die Stufe 2 anzusehen sind.
- Anzahl aller in die Stufe 2 eingebrachten VIP-Geräte, sofern für den Behandler erkennbar
- Masse aller weiteren in die Stufe 2 eingebrachten, PUR-geschäumten Produkte der Kategorie 8
- Durchsatz an Geräten pro Stunde Betriebszeit

ANMERKUNG: Wenn es einen direkten Prozessfluss von Stufe 1 zu Stufe 2 gibt, kann die Ermittlung der o.g. Daten in Stufe 1 vorgenommen werden.

A 3.9.1.4 Output Stufe 2

Folgende Output-Ströme werden tagesaktuell ermittelt und registriert und zu wöchentlichen und monatlichen Auszügen aggregiert. Sie sind im Kühlgerätedossier einzutragen:

- Masse aller Treibmittel (VFC und VHC aus Stufe 2).
- Die zusammen mit den Treibmitteln abgeschiedenen Wasseranteile müssen volumetrisch bestimmt, kontinuierlich ermittelt und aufgezeichnet werden.
- Werden VFC und VHC als Gemisch in demselben Behälter aufgefangen, müssen repräsentative Probenahmen durchgeführt werden. Die Probe kann entweder aus einem einzelnen Ablassvolumen (z. B. eine Aktivkohle-Regeneration) oder aus einer gewichteten Mischprobe aus mehreren Ablässen (z. B. mehrere Regenerationen) genommen und hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung analysiert werden.⁸³
- Sofern VHC separat von den VFC rückgewonnen werden, ist jeder befüllte und zur Entsorgung anstehende Behälter repräsentativ zu beproben und einer Analyse hinsichtlich seines VFC-Gehaltes des vermeintlich ausschliesslich VHC enthaltenden Treibmittels zu unterziehen. Übersteigt der VFC-Gehalt einen Wert von 0,01 Prozent ist der komplette Behälterinhalt so zu behandeln, als ob er ausschliesslich VFC enthalten würde.
- Jeder Wechsel der Behälter für die Aufnahme von Treibmitteln soll dokumentiert werden (Datum, Brutto/Netto-Massen).
- Masse Polyurethan-Fraktion
- Quartalsweise ist eine Mischprobe aus 10 Einzelsammelproben aus den befüllten PUR-Behältern hinsichtlich ihres Restgehaltes an VFC und VHC zu analysieren und zu dokumentieren.
- Masse aller anderen aus der Stufe 2 gewonnenen Fraktionen (Eisen, Nichteisen-Metalle, Kunststoffe, Wasser, etc.);

⁸³ Es sind die in CLC/TS 50625-3-4, Kapitel 12 näher beschriebenen Probe- und Analysen-Methoden anzuwenden

- Monatlich sind repräsentative Proben von Eisen, Nichteisen-Metalle und Kunststoffen (bzw. der Gemische untereinander) zu ziehen und einer Analyse hinsichtlich ihrer PUR-Restanhaltungen zu unterziehen (Grenzwert 0,3 % PUR-Verunreinigungen bei Metallfraktionen und 0,5 % PUR-Verunreinigungen bei Kunststofffraktionen).

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Emissionskontrolle (VHC, VFC) sind zu dokumentieren.

A 3.10 Überwachung und Kontrolle

Die Betreiber haben zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen folgende Dokumente bereitzuhalten.

- Monitoring: Stoffflussdossier (inkl. Kühlgerätedossier) und Einhaltung der aus Anhang A 3.9 hervorgehenden Mindesterfassungsmassen im täglichen Betrieb der Stufe 1 und Stufe 2-Anlagen.
- Leistungstest und Abnahme der Anlagen:
 - Auf der Basis von Anhang A 3.7 und A 3.8 jährlich Leistungstests für die Abnahme der Anlagen zur Behandlung von VFC und VHC-haltigen Kühlgeräten getrennt nach Stufe 1 und Stufe 2 durchgeführt.
 - Werden die geforderten Rückgewinnungsquoten unterschritten, soll die Vollzugsbehörde durch den Betreiber umgehend informiert werden. Der Betreiber muss in diesem Fall umgehend Massnahmen ergreifen, welche zur Erreichung der geforderten Leistung führen. Er muss den Erfolgsnachweis innerhalb einer Frist von 3 Monaten durch eine Wiederholung des Leistungstests erbringen.
 - Handelt es sich bei den nicht eingehaltenen Beurteilungsgrößen um überschrittene maximale Restgehalte oder -anhaltungen (z. B. Kältemittel im Kompressor Öl oder Polyurethan der Kunststoff-Fraktion), muss der Betreiber Massnahmen ergreifen, welche zur Erfüllung der Anforderungen führen. Für den Erfolgsnachweis innert 3 Monaten kann eine auf repräsentativer Probenahme basierende chemische Analyse oder Sortierauswertung genügen. Auf die Wiederholung des Leistungstests kann in diesem Fall verzichtet werden.

Anhang 4 Bildschirmgeräte

A 4.1 Geltungsbereich

Die nachfolgenden Angaben zum Stand der Technik gelten für Betriebe, welche Röhren- und/oder Flachbildschirmgeräte sammeln, transportieren, umschlagen, zwischenlagern oder behandeln.

A 4.2 Ziele

Ziel der Behandlung von Bildschirmgeräten ist die Separierung der schadstoffhaltigen Bestandteile und der Wertstoffe, sodass die Schadstoffe einer Entsorgung und die Wertstoffe einer Verwertung zugeführt werden können.

A 4.3 Spezifische Begriffe

Begriff	Definition
CRT-Gerät	Gerät, welches eine Kathodenstrahlröhre enthält
CRT-Glas	alle Arten von Glas, die aus der Behandlung von CRT hervorgehen, entweder als getrennte oder als gemischte Fraktion
Flachbildschirm	derjenige Teil des Flachbildschirmgerätes, an dem das Bild erzeugt wird
Flachbildschirmgerät (FPD)	Gerät mit geringer Bauhöhe, welches zur Darstellung und zum Anzeigen von Bildern eine Hintergrundbeleuchtung verwendet (CCFL oder LED) oder über selbst leuchtende Bildpunkte verfügt (OLED)
Fritteglas	Bleihaltiges Material, das zum Verbinden von Konusglas und Frontglas verwendet wird und die Schnittfläche zwischen dem vorderen und hinteren Teil der CRT bildet
Frontglas	Glas vom Frontteil einer CRT
Hintergrundbeleuchtung	Teil des Flachbildschirmmoduls bei bestimmten Flachbildschirmtechnologien, der den Flachbildschirm beleuchtet, um das Bild sichtbar zu machen.
Kaltkathodenfluoreszenzröhre (CCFL)	Kaltkathodenlampen sind Leuchtstofflampen bei denen die Elektronen durch ein starkes elektrisches Feld, das sich vor der Kathode ausbildet, aus der unbeheizten Kathode emittiert werden. Die Bezeichnung Kaltkathodenröhre (Cold Cathode Fluorescent Lamp -CCFL), impliziert, dass die Kathode kalt bleibt.
Kathodenstrahlröhre (CRT)	Bestandteil, welches eine Vakuumröhre und einen fluoreszierenden Bildschirm zur Erzeugung von Bildern enthält
Konusglas	Glas vom hinteren Teil einer CRT
Leuchtstoffbeschichtungen	Beschichtung auf der Innenseite des Frontglases einer Kathodenstrahlröhre, die eine Vielfalt an Metallen, Seltenerdmetallen (z. B. Europium oder Yttrium) und Schwermetalle (z. B. Cadmium) enthalten kann

A 4.4 Technologien

Tab. A8: Technologien für Bildschirmgeräte

Gerätegruppe	bildgebende Technologie	Hintergrundbeleuchtung
Röhrenbildschirme	Elektronenkanone und Leuchtschicht	nicht erforderlich
Flachbildschirme	Flüssigkristall (LCD)	Kaltkathodenfluoreszenzlampen (CCFL)
	Flüssigkristall (LCD)	Leuchtdioden (LED, OLED)
	Organische Leuchtdioden (OLED)	nicht erforderlich (selbstleuchtende Bildpunkte)
	Plasma (PDP)	nicht erforderlich (selbstleuchtendes Plasma)

A 4.4.1 Röhrenbildschirme

Röhrenbildschirme bestehen im Wesentlichen aus einer Elektronenkanone, einer Ablenkeinheit, einem Gehäuse und elektronischen Bestandteilen. Die Kathodenstrahlröhre besteht aus ca. 65 Prozent aus Schirm- oder Frontglas und zu ca. 30–35 Prozent aus Trichter- oder Konusglas. Das Frontglas enthält das Schwermetalloxid BaO (8–13 %) und SrO (2,2–12 %) und das Konusglas einen hohen Anteil an Bleioxid PbO. Die beiden Teile werden mit einer sogenannten «Fritte», welche hoch bleioxidhaltig ist, verklebt. Die Bildröhre ist unter Vakuum. Das Röhrenhalsglas, welches die Elektronenkanone umgibt, ist gewichtsmässig gering. Das Konus- und Röhrenhalsglas enthalten vor allem Bleioxid (20–25 %).

Auf der Innenseite des Frontglases befindet sich eine Leuchtschicht, über der eine Aluminiumoxid-Schicht aufgedampft ist. Konusglas ist innen zumeist mit Eisenoxid beschichtet, außen mit Grafit und Polyvinylacetat. Im Inneren der Bildröhre befinden sich u. a. die Elektronenquelle, die Getterplättchen sowie eine Schlitz- oder Lochmaske. Ein Metallspannring schützt die Bildröhre vor Implosion. Auf dem Konus befindet sich die Ablenkeinheit.

Das Gehäuse besteht bei älteren Geräten oft aus Holz und bei neueren aus Kunststoff. Die elektronischen Bestandteile bestehen aus einer Leiterplatte mit einem oder mehreren Kondensatoren.

Die Röhrenbildschirmtechnologie wurde in den letzten Jahren vollständig durch die Flachbildschirmtechnologie ersetzt. Dennoch kommen auch heute noch Röhrenbildschirme in die Entsorgung⁸⁴.

A 4.4.2 Flachbildschirme

Bei Flachbildschirmen werden verschiedene Technologien eingesetzt (vgl. Tab. A8). Am häufigsten kommen heute Geräte mit Flüssigkristallanzeigen (LCD) in den Verkauf, gefolgt von OLED-Geräten. Während bei den ersten Generationen von LCD-Geräten noch Hintergrundbeleuchtungen mit quecksilberhaltigen Kaltkathodenfluoreszenzleuchten (CCFL) eingesetzt wurden, sind seit einigen Jahren die LCD-Geräte mit einer LED-Hintergrundbeleuchtung ausgerüstet. Plasmabildschirme werden für grosse TV-Geräte und Grossanzeigen verwendet und haben einen Marktanteil von wenigen Prozent. Bildschirmgeräte mit organischen Leuchtdioden (OLED) finden in kleineren Geräten (Smartphones, Tablets) und zunehmend auch in Fernsehgeräten Anwendung.

⁸⁴ Im Jahre 2022 gelangten noch rund 1'132 t CRT Geräte in die Entsorgung (Quelle: Fachbericht 2023 Swico/Sens/SLRS)

A 4.5 Schad- und Wertstoffe

Tab. A9: Schad- und Wertstoffe in Bildschirmgeräten

Gerätegruppe	bildgebende Technologie	Schadstoffe	Wertstoffe
Röhrenbildschirme	• Elektronenkanone und Leuchtschicht	• Leuchtschicht • Konus- und Halsglas (stark PbO haltig) Kondensatoren • Kunststoffe mit Brom • Getterplättchen	• Frontglas (ohne PbO aber mit Ba und Str) • Fe, Al, Cu und dessen Legierungen • Ablenkeinheit • Lochmaske • Elektronenkanone • Spannring • Kunststoffe ohne Br • Leiterplatten
Flachbildschirme	• Flüssigkristall (LCD) mit CCFL als Hintergrundbeleuchtung	• Quecksilber in CCFL⁸⁵ • Leuchtschicht in CCFL • Kunststoffe mit Brom • As und Sb im LCD-Glas (ältere Geräte) • Flüssigkristalle	• PMMA, PC-ABS, ABS, PS, • Fe, Al, Cu, Ag und dessen Legierungen • seltene Technologiemetalle (Indium) • Leiterplatten
	• Flüssigkristall (LCD) mit LED als Hintergrundbeleuchtung	• Kunststoffe mit Brom • Flüssigkristalle	
	• Organische Leuchtdioden (OLED)	• Keine	• PC-ABS, ABS, PS, • Fe, Al, Cu, Ag und dessen Legierungen • seltene Technologiemetalle (Indium) • Leiterplatten
	• Plasma (PDP)	• PbO-haltiges Glas (ca. 1,5 % des Glases) • Hg in Plasmagas (ältere Geräte)	• Glas • PC-ABS, ABS, PS, • Fe, Al, Cu und dessen Legierungen • seltene Technologiemetalle (Indium) • Leiterplatten

A 4.6 Anforderungen an Sammlung, Transport, Umschlag und Zwischenlagerung

Vor der Behandlung darf keinerlei Zerkleinerung oder Zusammenpressung von CRT- oder FPD-Geräten erfolgen.

Bei allen Sammel-, Umschlags- und Behandlungsvorgängen sind jegliche unkontrollierten Freisetzungen von Quecksilber, fluoreszierenden Schichten sowie Glasstaub durch geeignete Massnahmen zu verhindern.

⁸⁵ Der durchschnittliche Quecksilbergehalt pro Kaltkathodenfluoreszenzleuchte (CCFL) wird in derzeit anfallenden Geräten auf 1–3 mg/kg geschätzt. Monitore haben 2–4 und TV Geräte 8–14 CCFL's.

A 4.7 Anforderungen an die Behandlung

A 4.7.1 Behandlung von Röhrenbildschirmen

Bei der Behandlung von Röhrenbildschirmen soll in einem ersten Schritt die Bildröhre vom Rest des Gerätes separiert werden. Die Bildröhre soll vor der Entnahme der Elektronenkanone belüftet werden (Implosionsgefahr).

Front- und Konusglas sind anschliessend nach dem Stand der Technik möglichst sortenrein voneinander zu trennen.

Die Gehäusekunststoffe sind aufgrund der hohen Gehalte an bromierten Flammschutzmitteln einer thermischen Verwertung zuzuführen.

Die Leuchtschicht soll unter Einhaltung der geltenden Umwelt- und Arbeitssicherheitsvorschriften entfernt und anschliessend einer fachgerechten Entsorgung zugeführt werden.

Das Frontglas kann unter Nachweis der Einhaltung der in der Industrie geforderten Grenzwerte für Blei stofflich, z. B. in der Hohlglasproduktion, verwertet werden.

Die stoffliche Verwertung von Front-, Konus- oder Mischglas z. B. in der Keramikindustrie, in Metallhütten oder in weiteren geeigneten Verwertungsprozessen (z. B. Spezialglasherstellung) ist zulässig. Dabei dürfen Schadstoffe (z. B. Blei) jedoch nicht in Anwendungen gelangen, in denen sie technisch nicht notwendig sind.

A 4.7.2 Behandlung von Flachbildschirmen

Alle Behandlungsverfahren von Flachbildschirmen müssen einen wirksamen und nachvollziehbaren Rückhalt von Schadstoffen (im speziellen Quecksilber Hg) gewährleisten. Eine Schadstoffverschleppung auf Wertstofffraktionen ist zu verhindern.

Flüssigkristallanzeigen von einer Oberfläche grösser als 100 cm² und Kaltkathodenfluoreszenzlampen (CCFL) aus Hintergrundbeleuchtungen von LCD-Flachbildschirmen müssen entfernt und einer fachgerechten Verwertung oder Entsorgung zugeführt werden.

Falls eine Behandlung von Flachbildschirmen eine Unterscheidung von verschiedenen Typen von Flachbildschirmen resp. Teilen von Flachbildschirmen vorsieht (z. B. Auftrennung in Geräte mit CCFL-Hintergrundbeleuchtung und solche mit LED-Hintergrundbeleuchtung), müssen die Mitarbeiter ausreichend geschult sein, um die Zuordnung vornehmen zu können. Falls die Separierung von Flachbildschirmen mit CCFL-Hintergrundbeleuchtung nicht sichergestellt werden kann, müssen alle Flachbildschirme so behandelt werden, als ob sie eine CCFL-Hintergrundbeleuchtung beinhalten würden.

Bei der Behandlung von Flachbildschirmen sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, damit die Bestimmungen zum Umweltschutz sowie zum Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz jederzeit eingehalten werden können. Um die Mitarbeiter ausreichend zu schützen, müssen die erforderlichen Messungen im Umfeld der Arbeitsplätze und bei den Mitarbeitern vorgenommen werden.

A 4.7.2.1 Manuelle Behandlung

Bei der manuellen Behandlung von Flachbildschirmen mit CCFL-Hintergrundbeleuchtung soll die Ausstattung der Arbeitsplätze gewährleisten, dass mögliche Quecksilber-Emissionen aus der Beschädigung von CCFL-Hintergrundbeleuchtungen erfasst und dass die gebrochenen Hintergrundbeleuchtungen unmittelbar aus dem Arbeitsbereich in geeignete Gebinde eingebracht werden können.

Durch geeignete Massnahmen (z. B. Arbeitsplatzabsaugung mit Hg-Abscheidung, gute Belüftung der Arbeitsplätze, etc.) ist sicherzustellen, dass der Arbeits- und Gesundheitsschutz der Mitarbeiter jederzeit gewährleistet ist.

Kaltkathodenfluoreszenzlampen aus Hintergrundbeleuchtungen sind separat und in geschlossenen Behältern aufzubewahren und zu transportieren. Bei der Befüllung der Behälter sind geeignete Schutzvorkehrungen zu treffen und die Behälter sind an dafür geeigneten Orten ohne Wärmeeinwirkung aufzubewahren.

Alle ausgebauten CCFL-Hintergrundbeleuchtungen (ganz oder zerbrochen) müssen mit einem spezialisierten Verfahren für Leuchtmittelrecycling behandelt werden.

Die durch die manuelle Demontage freigelegten Kunststoffteile sind möglichst einer stofflichen Verwertung zuzuführen.

A 4.7.2.2 Mechanische Behandlung

Anlagen für die mechanische Behandlung von Flachbildschirmen mit CCFL-Hintergrundbeleuchtungen sind in geschlossenen Systemen mit Unterdruck zu betreiben.

Bei der Behandlung muss sichergestellt werden, dass Schadstoffe in einer unterscheidbaren und kontrollierbaren Fraktion möglichst verlustfrei angereichert werden, um diese anschliessend abzuscheiden und getrennt zu entsorgen. Ist dies nicht gewährleistet sind CCFL-Hintergrundbeleuchtungen gemäss Artikel 10 Absatz 1 Buchstabe b VREG frühzeitig aus dem Behandlungsprozess zu entnehmen, um eine Verschleppung von Schadstoffen zu vermeiden.

Da bei Säge- oder Schneideanlagen für Flachbildschirme eine teilweise Zerstörung der CCFL-Hintergrundbeleuchtungen nicht verhindert werden kann, sind in der nachfolgenden manuellen Behandlung besondere Immissionsschutzmassnahmen, z. B. durch Arbeitsplätze mit Absaugung, erforderlich. Es ist zudem sicherzustellen und nachzuweisen, dass durch die mechanische Behandlung keine Schadstoffverschleppung auf wertstoffhaltige Fraktionen erfolgt.

A 4.8 Ziel- und Richtwerte

Tab. A10: Ziel- und Richtwerte bei der Behandlung von Bildschirmgeräten

Gerätegruppe	Stoffe	Zielwerte	Richtwerte
Röhrenbildschirme	PbO-Gehalt im Frontglas	–	5000 mg/kg*
	S-Gehalt in gereinigter Glasfraktion	–	5 mg/kg*
Flachbildschirme	max. Bruchrate der bei der manuellen Entnahme intakten CCFL-Hintergrundbeleuchtungen	95 Gew.-%*	–
	Hg-Gehalt in der kleinsten schadstoffentfrachteten Shredder-Fraktion bei mechanischer Verarbeitung		0,5 mg/kg

* gemäss CLC/TS 50625-3-3:2017

Die Probenahme-, Probenaufbereitungs- und Analysemethodik der zu erbringenden Nachweise richtet sich nach den technischen Industrienormen (CLC/TS 50625-3-3:2017).

A 4.9 Dokumentationspflichten

Zusätzlich zu den allgemeinen Dokumentationspflichten gemäss Kapitel 10 verfügen Betreiber, welche Bildschirmgeräte behandeln, über folgende Dokumentationen und führen diese regelmässig nach:

- Nachweise zur Einhaltung der Ziel- und Richtwerte gemäss Anhang A 4.8.
- Aufzeichnungen zur Reinigung und Dekontaminierung von Behältern zur Lagerung von schadstoffhaltigen Fraktionen
- Aufzeichnungen zum Gesundheits- und Arbeitsschutz sowie den Sicherheits- und Umweltüberwachungen

A 4.10 Überwachung und Kontrolle

Den Vollzugsbehörden sind durch die Betriebe zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen im Rahmen einer allfälligen Kontrolle vor Ort die folgenden Unterlagen und Informationen bereitzuhalten:

- Ausstattung der Arbeitsplätze zur manuellen Demontage von Flachbildschirmen (vollständige Demontage, resp. Demontage nach einer teilmechanischen Behandlung)
- Einhaltung der unter A 4.8 festgelegten Richt- und Zielwerte für die Behandlung von Röhren, resp. Flachbildschirmen

Anhang 5 Leuchtmittel

A 5.1 Geltungsbereich

Die nachfolgenden Angaben zum Stand der Technik gelten für Betriebe, welche Leuchtmittel sammeln, transportieren, umschlagen, zwischenlagern oder behandeln.

A 5.2 Ziele

Die Ziele der Behandlung von Leuchtmitteln sind:

- Die Rückgewinnung von Quecksilber zwecks sicherer Umwandlung und Entsorgung in Untertagedeponien gemäss der Vollzugshilfe Entsorgung von Quecksilberabfällen⁸⁶.
- Die Vermeidung einer Quecksilberkontamination in den Fraktionen, welche in eine stoffliche Verwertung gelangen.
- Eine möglichst vollständige Rückgewinnung und stoffliche Verwertung der Fraktionen wie Glas, Metalle, Kunststoffe und falls technisch möglich und wirtschaftlich tragbar Leuchtstoffpulver

A 5.3 Spezifische Begriffe

Begriff	Definition
Entladungslampe	Ein Leuchtmittel, in welchem Licht direkt oder indirekt mittels einer elektrischen Entladung durch ein Gas, einen Metalldampf oder ein Gemisch verschiedener Gase und Dämpfe erzeugt wird.
Leuchtdiode	Eine Leuchtdiode (kurz LED von englisch «light-emitting diode», lichtemittierende Diode, auch Lumineszenz-Diode) ist ein lichtemittierendes Halbleiter-Bauelement, dessen elektrische Eigenschaften einer Diode entsprechen. Fließt durch die Diode elektrischer Strom in Durchlassrichtung, so strahlt sie Licht, Infrarotstrahlung oder auch Ultraviolettstrahlung mit einer vom Halbleitermaterial und der Dotierung abhängigen Wellenlänge ab [Quelle: Wikipedia]
Retrofit-LED	Bei den Retrofit-LED werden Leuchtdioden so angebracht und mit Elektronik kombiniert, dass sie mit einem bekannten Sockelfassungssystem ausgerüstet werden können.

⁸⁶ Auf Deponien Typ D und E ist gemäss VVEA ein Maximalgehalt von 5 mg Quecksilber pro kg Trockensubstanz zugelassen, was aus der Behandlung von Leuchtmitteln nicht erreichbar ist.

A 5.4 Technologien

Tab. A11: Technologien bei Leuchtmitteln

Gruppe	dazugehörend	Schadstoffe
Glühlampen ⁸⁷	IR-Strahler, Halogen-Glühlampen, Spotlampen, Halogen-Hochvoltlampen, Halogenstäbe, Kaltlichtreflektorlampen, Halogen-PAR-Lampen	Glühlampen enthalten keine Schadstoffe und können mit dem Hauskehricht entsorgt werden.
Hochdruckentladungslampen (auch HID-Lampen)	Quecksilberhochdrucklampe, Metalldampflampen mit Reflektor, Natriumdampflampen	HID-Lampen enthalten Quecksilber, Natrium und andere Metalle und müssen separat gesammelt und einem vorschriftsgemässen Leuchtmittelrecyclingprozess zugeführt werden. Hochdruckentladungslampen für Spezialanwendungen (meistens professionelle Cinema-Projektoren) enthalten teilweise ionisierende Stoffe. Sie sind speziell deklariert und müssen dem Lieferanten, Importeur oder einem Leuchtmittelrecycler retourniert werden.
stabförmige Leuchtstofflampen (auch Fluoreszenzlampen)	(z. B.) T8 und T5 Linear Leuchtstofflampen	Fluoreszenzlampen enthalten Quecksilber und müssen separat gesammelt und einem vorschriftsgemässen Leuchtmittelrecyclingprozess zugeführt werden.
nicht stabförmige Leuchtstofflampen (auch Kompaktleuchtstofflampen oder Kompakt Fluoreszenzlampen)	Energiesparlampen (mit und ohne integriertes Vorschaltgerät)	Kompakt-Fluoreszenzlampen enthalten Quecksilber und müssen separat gesammelt und einem vorschriftsgemässen Leuchtmittelrecyclingprozess zugeführt werden
LED-Lampen	Retrofit-LED-Lampen, LED, OLED, QLED	LED-Lampen enthalten elektronische Bestandteile und müssen separat gesammelt und einem vorschriftsgemässen Leuchtmittelrecyclingprozess zugeführt werden

87 Fallen nicht unter die VREG

Abb. A2: Systematisierung Leuchtmittel

Glühlampen				
	Glühlampe	Glühlampe farbig	IR-Strahler	Spotlampe
Halogen-Glühlampen				
	Halogen-Glühlampe	Halogen-Hochvoltlampe	Halogenstab	Kaltlichtreflektorlampe
				
	Halogen-PAR-Lampe	Halogen-PAR-Lampe		
Hochdruckentladungslampen				
	Hochdruckdampf Lampe	Quecksilber-Hochdruckdampf Lampe	Metalldampf Lampe mit Reflektor	Natriumdampf Lampe
Stabförmige Leuchtstofflampen (auch Fluoreszenzlampen)				
	Leuchtstoff Lampe	Leuchtstoff Lampe (farbig)	Ringlampe	U-Form

Nicht stabförmige Leuchtstofflampen (auch Kompaktleuchtstofflampen oder Kompakt Fluoreszenzlampen)				
	Kompaktleuchtstoff- lampe	Kompaktleuchtstoff- lampe	Elektrodenlose Lampe	
				
	Energiesparlampe	Energiesparlampe	Energiesparlampe	Energiesparlampe
LED-Lampen				
	Retrofit-LED für E27	Kerzenform	Reflektor für E14	Glühlampenform für E27
				
	Retrofit-LED	Reflektorlampe für AR111	LED PAR GU10	
				
	Retrofit-LED für Leuchtstofflampe		Ersatz für konventionelle Leuchtstofflampe	

A 5.5 Schad- und Wertstoffe

Tab. A12: Schad- und Wertstoffe in Leuchtmitteln

Gruppe	Schadstoffe	Wertstoffe
Glühlampen	–	Glas Al, Fe, NE-Metalle
Hochdruckentladungs-lampen	Hg Leuchtstoffpulver ⁸⁸ ionisierende Stoffe ⁸⁹	Glas Al, Fe seltene Erdmetalle
Kompaktleuchtstofflampen	Hg Leuchtstoffpulver	Glas Al, Fe, NE-Metalle, Kunststoff, seltene Erdmetalle
Leuchtstofflampen	Hg Leuchtstoffpulver	Glas Al, Fe, NE-Metalle, seltene Erdmetalle
LED-Leuchtmittel	Pb, As, Cd in LED und QLEDs	Glas Al, Fe, NE-Metalle, Kunststoff, seltene Erdmetalle, Leiterplatten

A 5.6 Anforderungen an Sammlung, Transport, Umschlag und Zwischenlagerung

Alle Leuchtmittel müssen witterungsgeschützt und bruchsicher gelagert werden.

Nicht stabförmige Leuchtmittel werden manuell sortiert. Abfall und Verpackungen werden entfernt und gelangen in den Kehrrikt. Glühlampen, die im Leuchtmittelmix enthalten sind, können entweder über den Kehrrikt entsorgt werden oder im Leuchtmittelrecyclingprozess verarbeitet werden, um eine Rückgewinnung des Glases und der Metalle zu gewährleisten. Hochdruck-Gasentladungslampen gehen in einen speziellen Recyclingprozess. LED-Lampen gelangen in den vorschriftsgemässen Leuchtmittel Recyclingprozess.

Der Transport von stabförmigen Leuchtmitteln soll in Rungenpalletten mit Einlagen und Sammelkartons erfolgen. Nicht stabförmige Leuchtmittel werden in Paletten (mit 2 Rahmen und Kunststoffinlinern), Kunststoffpaloxen, PE- oder Stahlfässern oder Sammelkartons befördert. Gemischte Anlieferungen sind nicht zulässig. Lampenbruch muss in luftdicht verschliessbaren Gebinden transportiert werden.

Beim Transport, Umschlag und Lagerung von Leuchtmitteln sind Schadstoffemissionen zu verhindern. Mehrweggebinde sind nach jedem Gebrauch zu reinigen. Einweggebinde müssen vor der Entsorgung von den Schadstoffen gereinigt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Leuchtmittel unbeschadet zum Verarbeitungsprozess angeliefert werden.

⁸⁸ Leuchtstoffe enthalten Antimon, Barium, Blei, Indium, Natrium und seltene Erden

⁸⁹ HID aus professionellem Bereich

A 5.7 Anforderungen an die Behandlung

A 5.7.1 Behandlungstechnologien

A 5.7.1.1 Kappen-Trenn-Verfahren⁹⁰

Mit dem Kappen-Trenn-Verfahren werden vorwiegend stabförmige Leuchtstofflampen behandelt. Dabei werden die Lampenenden (Metall- und Bleiglasanteil) abgetrennt und zur weiteren Aufbereitung (Trennung von Metall und Bleiglas) getrennt gesammelt.

Die verbleibende Glasröhre wird ausgeblasen und das Leuchtstoffpulver gesammelt. Die gereinigte Glasröhre wird zerkleinert, und mit einem Metallabscheider von metallischen Resten befreit. Das saubere Glas kann in der Lampenindustrie zur Produktion neuer Lampen eingesetzt werden.

A 5.7.1.2 Nass und trocken Shredder-Verfahren

Mit dem Shredder-Verfahren lassen sich nicht nur alle Lampentypen, sondern auch Glasbruch, Produktionsabfälle und Restfraktionen aus den Kappen-Trenn-Anlagen verarbeiten.

Die Leuchtstoffröhren werden zerkleinert und in verschiedene Fraktionen (Metall- und Glasfraktion) aufgetrennt, welche gesondert zu einem Sekundärrohstoffe weiterbehandelt werden.

Daneben gibt es Verfahren für Sonderformen Kompaktleuchtstofflampen oder Niederdrucknatriumlampen, wobei auch hier die sortenreine Gewinnung der Lampenbestandteile Metalle, Glas und Leuchtstoff im Vordergrund steht.

A 5.7.1.3 Verfahren für Hochdruckentladungslampen (HID)

Die HID Lampen enthalten zum Teil massiv mehr Quecksilber in elementarer Form als die anderen Gasentladungslampen. Deshalb müssen HID Leuchtmittel aussortiert und getrennt von den anderen Leuchtmitteltypen verarbeitet werden.

Zudem gibt es HID Leuchtmittel mit ionisierender Strahlung. Diese müssen zusätzlich getrennt entsorgt werden. Die Thorium-haltigen HID müssen gemäss den Anforderungen des Bundesamtes für Gesundheit verwertet werden.

A 5.7.1.4 Verfahren für LED-Leuchtmittel

Zurzeit sind keine separaten industriellen Recyclingmethoden nach dem Stand der Technik für LED verfügbar. LED werden deshalb zusammen mit EAG verarbeitet.

⁹⁰ In der Schweiz existiert derzeit kein solches Verfahren

A 5.7.2 Schadstoffentfrachtung und stoffliche Verwertung

Die in den Leuchtmitteln enthaltenen Schadstoffe wie Quecksilber und andere müssen im Behandlungsprozess wirksam separiert und zurückgehalten werden. Entlang der gesamten Verarbeitungskette (Annahme, Umschlag, Lagerung, Verarbeitung, Lagerung und Umschlag der Fraktion) müssen die Immissionsgrenzwerte, die gesetzlichen Bestimmungen zum Umweltschutz sowie zum Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz jederzeit eingehalten werden.

Wenn es unsicher ist, ob die Leuchtmittel Quecksilber enthalten oder nicht, müssen sie als quecksilberhaltige Leuchtmittel behandelt werden.

Entsorgungsunternehmen, welche Leuchtmittel verarbeiten, müssen über die technischen und organisatorischen Voraussetzungen verfügen, um Leuchtmittel so zu behandeln, dass eine möglichst vollständige Entfernung der Schadstoffe und Rückgewinnung der Rohstoffe erfolgt.

Leuchtmittelbruch muss in luftdichtverschliessbaren Gebinden gelagert werden.

Das Leuchtstoffpulver muss, solange kein wirtschaftlich und technisches Verwertungsverfahren verfügbar ist, für eine sichere Entsorgung in Untertagedeponien abgelagert werden.

Kontaminierte Gebinde, die zur Lagerung und zum Transport von Leuchtmitteln benutzt werden, müssen mit geeigneten Verfahren gereinigt und dekontaminiert werden.

A 5.8 Ziel- und Richtwerte

Alle Fraktionen die direkt oder über eine weitere Aufbereitung einer stofflichen Verwertung (ohne weitere Hg Abscheidung) zugeführt werden, dürfen folgende Quecksilbertotalgehalte (Hg) pro kg Trockensubstanz (TS) nicht überschreiten:

Tab. A13: Ziel- und Richtwerte bei der Behandlung von Leuchtmitteln

	Zielwerte	Richtwerte
Hg-Gehalt in Glasfraktionen	–	5 mg/kg
Hg-Gehalt in Metallfraktionen	–	10 mg/kg
Hg-Gehalt in anderen Fraktionen	–	10 mg/kg

A 5.9 Dokumentationspflichten

Zusätzlich zu den allgemeinen Dokumentationspflichten gemäss Kapitel 10 verfügen Betreiber, welche Leuchtmittel behandeln, über folgende Dokumentationen und führen diese regelmässig nach:

- Nachweise zur Einhaltung der Ziel- und Richtwerte gemäss Anhang A 5.8.
- Aufzeichnungen zur Lagerung von schadstoffhaltigen Fraktionen
- Aufzeichnungen zum Gesundheits- und Arbeitsschutz sowie den Sicherheits- und Umweltüberwachungen

A 5.10 Überwachung und Kontrolle

Die Luftemissionen von Quecksilber aus Produktionsräumen und Anlagen mit Prozessabluft sind regelmässig zu überwachen, sodass erhöhte Emissionen durch Betriebsstörungen oder technische Defekte jederzeit erkannt werden können.

Es hat eine regelmässige Kontrolle der Immissionen an den kritischen Arbeitsplätzen und Anordnung der arbeitsrechtlichen Vollzugsinstanzen zu erfolgen, sodass gewährleistet ist, dass die MAK-Werte an den Arbeitsplätzen eingehalten werden. Die Kalibrierung der Messgeräte und Unterhalt der Emissionsvorrichtungen ist nach den Empfehlungen der Hersteller regelmässig durchzuführen.

Der Quecksilbertotalgehalt von Fraktionen, die durch Verwertung oder Verbrennung eine diffuse Emissionsquelle darstellen können, ist mindestens einmal pro Jahr anhand einer, für die Zusammensetzung der Fraktion repräsentativen Probe chemisch-analytisch zu überprüfen. Die Probe ist nach einer maximalen Lagerzeit der Fraktion von drei Arbeitstagen zu nehmen und ab der Probenahme bis zur Analyse im Labor in einem luftdichten Gebinde aufzubewahren. Das Probenahmenvolumen soll für relativ homogene Fraktionen (z. B. Glasfraktion) mindestens 0,5 l betragen. Für relativ heterogene Fraktionen (z. B. Endkappen) soll das Probenahmenvolumen mindestens 1 l betragen. Es ist der Quecksilbergehalt der Gesamtprobe, so wie sie dem externen Verarbeiter geliefert wird, zu bestimmen. Die für die Analyse aufbereitete Probe fotografisch festzuhalten. Im Laborbericht ist die Probenaufbereitung zu dokumentieren und

Anhang 6 Batterien in EAG

A 6.1 Geltungsbereich

Die nachfolgenden Angaben zum Stand der Technik gelten für Betriebe, welche EAG mit Batterien sammeln, transportieren, umschlagen, zwischenlagern und/oder behandeln.

A 6.2 Ziele

Ziel der Entsorgung von batteriehaltigen EAG ist, dass durch eine risikoarme⁹¹ Sammlung und Beförderung

- eine Vorbereitung für eine Wiederverwendung; oder
- eine möglichst vollständige Rückgewinnung der schad- und wertstoffhaltigen Bestandteile

sichergestellt werden kann. Nicht verwertbare Bestandteile müssen entsprechend beseitigt werden.

A 6.3 Spezifische Begriffe

Begriff	Definition
Akkumulator	umgangssprachlich auch Akku genannt, meint eine → Sekundärbatterie.
Batterie	Als Batterien gelten Stromquellen, die chemische Energie direkt in elektrische Energie umwandeln und aus einer oder mehreren nicht wieder aufladbaren Zellen (Primärzellen) oder aus einer oder mehreren wieder aufladbaren Zellen (Akkumulatoren) bestehen. (Anhang 2.15 Ziffer 1 ChemRRV)
Batterie, Modul	besteht aus mehreren Zellen und kann über Sensoren, Sicherungen und andere Elemente verfügen. Es dient dazu, grosse Batterien in kleinere, austauschbare Einheiten zu unterteilen.
Batterie, System	besteht aus vielen Zellen oder mehreren Modulen. Es besitzt ein → BMS und u. U. auch ein Heiz- oder Kühlsystem. Es kann auch ein Zusammenschluss von eigenständigen Batteriesystemen sein.
Batterie- Managementsystem	Ein Batteriemanagementsystem (BMS) ist ein elektronisches Gerät, das die Ladung und Entladung und den allgemeinen Zustand von Batterien überwacht und regelt.
Kapazität	ist die Ladung, welche eine Batterie unter definierten Entladungskonditionen abgeben kann und wird meist in Amperestunden (Ah) oder in Coulomb ($1\text{ C} = 1\text{ As} = 0,28\text{ mAh}$) angegeben. Die Kapazität nimmt mit der Alterung der Batterie ab und ist der Hauptindikator für den «State-of-Health» (SOH) einer Batterie.
Lithiumbatterie	Der Begriff «Lithiumbatterien» (LiB) umfasst Batterien, deren Elektrochemie auf Lithium basiert und bei welchen verschiedenen Arten von Elektroden und Elektrolyten verwendet werden. Zurzeit werden Lithiumbatterien in Li-Metall- und Li-Ionen-Batterien unterteilt. Li-Metall-Batterien sind typischerweise nicht wieder aufladbare Batterien, die Li-Metall- und Lithiumverbindungen als Anode und Kathode aufweisen. Bei wiederaufladbaren Batterien ist Lithium nur in ionisierter Form frei verfügbar.
Kapazität, Nenn-	Die Nennkapazität Q_N ist definiert als die Batteriekapazität beim Neuzustand (Begin of Life BoL) gemessen in Ah.
Kapazität, Rest-	Die Restkapazität Q_R ist definiert als die gegenwärtige Batteriekapazität gemessen in Ah. Sie dient häufig als einfacher Indikator für den Zustand der Batterie (State of Health SoH)
Nennspannung	Die Nennspannung einer Batterie entspricht ihrer mittleren Klemmenspannung in einem Ladezyklus und ist ein geeigneter Wert zur Bezeichnung oder Identifizierung einer Batterie. Sie wird in Volt (V) angegeben.
Primärbatterie	Eine Primärbatterie ist nur einmal entladbar und darf nicht wieder geladen werden, der Versuch wäre gefährlich.
Sekundärbatterie	Eine Sekundärbatterie (auch Akku oder Akkumulator genannt) ist nach der Entladung wiederaufladbar.
Zelle; elektrochemische	Elektrochemisches Element, aufgebaut aus Anode und Kathode, welche durch einen flüssigen oder festen Elektrolyten verbunden sind, sowie ggf. einem Separator, welcher einen Kurzschluss verhindert. Diese Komponenten sind in einem Behälter untergebracht an dem die elektrischen Anschlüsse, die Pole, zugänglich sind.

⁹¹ Risikoarm bedeutet insbesondere die Verhinderung von Bränden

A 6.4 Technologien

Tab. A14: Batterietechnologien, die in EAG vorkommen

Bezeichnung	prim	sek	Chemie	weitere Beschreibung
Lithium-Akku		×	LFP, NMC LCA u.v.m.	Kathoden bestehen aus unterschiedlichen Materialien, oft Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxide (NMC) oder Lithium-Eisenphosphat (LFP) Anode besteht meist aus Graphit
Alkali-Mangan-Zelle	×	(×)	ZnMnO ₂	RAM-Zellen (e: Rechargeable Alkali Manganese) sind laut Anbieter etwa 50- bis 500-mal wiederaufladbare Alkali-Mangan-Zellen
Lithium-Metall-Batterie Vielzahl von Typen: Lithium-Mangandioxid Lithium-Eisen Li-SOCl ₂ Li-SO ₂ etc.	×		Li-MnO ₂ Li-SOCl ₂ Li-SO ₂	häufigste Li-Batterie (80 % Marktanteil) häufige Li-Batterie wegen 1,5 V Lithium-Thionylchlorid-Batterie mit flüssiger Kathode
Bleibatterie		×	Pb	Elektrolyt ist Schwefelsäure in flüssiger oder gelierter Form. Kommt heute noch häufig in unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) vor.
Nickel-Cadmium-Akku		×	NiCd	
Alkali-Mangan-Zelle	×		ZnMn	Nachfolgerin der Zink-Kohle-Zelle. Elektrolyt ist Kalilauge
Nickel-Metallhydrid-Akku		×	NiMH	die Anode ist ein Metallhydrid-Pulver z. B. La _{0,8} Nd _{0,2} Ni _{2,5} Co _{2,4} Si _{0,1}
Knopfzellen: (Vielzahl von Typen)	×	×	IEC code	Spannung / Anwendung
Zink-Luft			PR	1,4 V z. B. Hörgeräte,
Alkali-Mangan			LR	1,5 V
Nickel-Oxyhydroxid			ZR	1,5 V
Silberoxid-Zink			SR	1,55 V z. B. in Uhren
Lithium-Mangandioxid			CR	3,0 V sehr verbreitet
Lithium-Kohlenstoffmonofluorid			BR	3,0 V
Quecksilberoxid-Zink			MR	1,35 V

A 6.5 Schad- und Wertstoffe

Tab. A15: Schad- und Wertstoffe in Batterien

Batterietypen	Schadstoffe	Wertstoffe
Bleibatterie	Pb, Schwefelsäure	Pb (ca. 50 %)
Nickel-Cadmium-Akku	Ni, Cd	Ni, Cd
Alkali-Mangan-Zelle	Zn, Kalilauge	Zn, Mn
Nickel-Metallhydridakku	Ni, Kalilauge	Ni, Nd, La, Co,
Lithium-Akku	Elektrolyt, LiPF ₆ -Salz, HF Emissionen bei verletzten und überhitzten Zellen Ni- und Co-Oxide	Cu (5 %15 %), Co, Ni, Al (zukünftig auch Li, Graphit und Eisenphosphat)
Lithium-Metall-Batterie	Elektrolyte z. B. Thionylchlorid, Li (met)	Edelstahl (Gehäuse), Li

A 6.6 Anforderungen an Sammlung, Transport, Umschlag und Zwischenlagerung

Risiken im Zusammenhang mit Batterien sind hohe elektrische Spannungen und Ströme, austretende Chemikalien, Hitze, Brände und Explosionen. Die Gefahren bei Flüssigkeits- und Gasleckagen sind Vergiftungen, Verätzungen; Gefahren bei Kurzschlüssen und freiliegenden Leitern sind Elektrounfälle mit Verbrennungen durch Lichtbogen. Batterien können auf Grund von mechanischen Überlastungen durch Vibration, Luftdruck, Schock und Verformung und durch Fehlfunktionen des Batterieüberwachungssystems (BMS) versagen. Batterien, insbesondere LiB, können beim Versagen viel thermische Energie freisetzen und dadurch umliegende EAG und Batterien in Brand setzen. Solche Brände können giftige Gase produzieren und sind mit üblichen Feuerlöschgeräten oft schwierig zu löschen.

Li-haltige Batterien (LiB) enthalten Lithium entweder in metallischer Form oder als Ionen in Li-Ionen-Batterien (LiB). Entsprechend werden zwei unterschiedliche Abkürzung verwendet: LiB und LIB, wobei LIB eine Untergruppe von LiB ist.

Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- Im Zweifelsfall ist ein EAG immer als LiB-haltig anzusehen.
- Sind in einem EAG lediglich LiB vorhanden, welche nicht dessen Hauptenergiequelle sind, z. B. die Stützbatterie (Knopfzelle) eines PCs, untersteht dieses keinen ADR-Vorschriften bezüglich LiB.
- Alle anderen LiB-haltigen EAG sind bis zur Erstbehandlung gemäss den geltenden ADR-Sondervorschriften zu befördern. Diese berücksichtigen, dass die enthaltenen LiB durch das Gerät weitgehend geschützt sind. Trotzdem ist deren Sammlung und Beförderung in loser Schüttung, z. B. in Containern, nicht erlaubt (siehe empfohlene Gebinde).
- EAG, die offensichtlich defekte LiB enthalten (z. B. aufgeblähte Handys können bis zur Erstbehandlung mit erleichternden ADR-Sondervorschriften befördert werden. Es soll jedoch eine nachweisbare Qualitätssicherung für die Einhaltung der ADR/SDR Freigrenzen und der maximal erlaubten Energieinhalte und Li-Massen vorhanden sein.
- Zur Risikominimierung sollten an den Sammelstellen EAG mit beschädigten LiB durch geschultes Personal in die Inobat Batteriesammlung aussortiert werden⁹². Für diese gelten strengere ADR-Vorschriften als für EAG mit unversehrten LiB. Das Entfernen von LiB aus EAG ist eine Abfallbehandlung, wofür Sammelstellen in der Regel nicht autorisiert sind.
- Entsorgungsunternehmen, die LiB aus EAG ausbauen, brauchen die entsprechenden Genehmigungen. Sobald LiB nicht mehr durch die ursprüngliche Gerätehülle geschützt sind, gelten strengere ADR Sonder-vorschriften für Verpackung und Beförderung.

⁹² Sammlung, Verpackung und Transport gemäss den Merkblättern von INOBAT

A 6.7 Anforderungen an die Behandlung

Batterien, die in einem Gerät leicht, d. h. ohne Verwendung von Spezialwerkzeugen, zugänglich sind (akkubetriebene Haushaltgeräte, Spiel- und Werkzeuge etc.) oder die gefährlichen Eigenschaften aufweisen, beispielsweise weil diese Cd, Hg oder Elektrolyte mit bedenklichen Stoffen enthalten oder hohe elektrische Spannung und Ladung aufweisen, sollen soweit möglich vor einer Behandlung aus den EAG entfernt werden. Dies entspricht einer Abfallbehandlung und bedarf einer entsprechenden Bewilligung.

Falls solche Batterien während der mechanischen Behandlung weitgehend zerstörungsfrei und unbeschädigt entnommen werden können, dann ist ein solches Verfahren ebenfalls zulässig.

Batterien, die in EAG nur mit Verwendung von Werkzeugen zugänglich sind und keine gefährlichen Eigenschaften aufweisen, können ebenfalls während einer mechanischen Behandlung entfernt werden.

Die manuelle Demontage ist nicht verpflichtend, wenn durch eine mechanische Behandlung unbeschädigte (identifizierbare) Batterien erhalten und separiert werden.

Separierte Batterien sind in geeigneten Behältnissen zu lagern und zu transportieren.

EAG, bei welchen die Batterie nicht demontierbar ist oder die praktisch nur aus der Batterie bestehen (z. B. E-Zigaretten⁹³, in-ear-Kopfhörer, Power-Banks) sollten separat gesammelt und dem Batterierecycling oder einem anderen geeigneten Recyclingverfahren zugeführt werden, welches sicherstellt, dass die Wertstoffe zurückgewonnen werden.

93 E-Zigaretten enthalten z. B. Lithium, Nickel, Kobalt, Aluminium und Kupfer

Anhang 7 Leistungsziele und Indikatoren

A 7.1 Recycling- und Verwertungsquoten

Die im Rahmen eines Batchversuches ermittelten RVQ sind verschiedenen Einflussgrössen ausgesetzt, welche zu einer wesentlichen Variabilität der Ergebnisse beitragen können, was die Interpretation der RVQ erschwert:

- Die RVQ hängt von der Inputzusammensetzung ab. So sind bestimmte Mischungen an EAG metallreicher als andere oder verfügen über weniger flammgeschützte Kunststoffe, was eine höhere Recyclingquote ergibt.
- Die Messungen in den Versuchen unterliegen Ungenauigkeiten und Messfehlern.
- Die für die Berechnung der RVQ verwendeten Zusammensetzungs- und Prozessdaten (Transferkoeffizienten) sind konservativ und pauschal bewertet, was sich auf die berechneten RVQ auswirkt.
- Die massereichen Fraktionen, bzw. Zielstoffe dominieren diesen Indikator. Sehr ausgedünnte Elemente wie z. B. STM treten überhaupt nicht in Erscheinung.

Die rein massenbasierte RVQ sagen nichts über den Umweltnutzen der Verwertung der einzelnen Materialien aus. Dadurch sind der Interpretation der Umweltleistung der Entsorgungsunternehmen enge Grenzen gesetzt. Die Beurteilungsgrundlagen für die Ressourceneffizienz und die Kreislauffähigkeit der Recyclingprozesse müssen daher weiterentwickelt werden.

A 7.1.1 Bestimmung

Die massenbasierte Bestimmung der RVQ (vgl. Abb. A3) ergibt sich aus dem Verhältnis der stofflich verwerteten (m_2) bzw. zusätzlich noch anders stofflich und thermisch verwerteten ($m_2 + m_3 + m_4$) Output-Massen der finalen Behandlung zur gesamten Input-Masse m_1 vor der Erstbehandlung. Sie beruht auf der Klassifizierung der Endnutzung der Anteile in den Endfraktionen nach deren finalen Behandlung. Es werden folgende vier Endnutzungen⁹⁴ in der Berechnung der Recyclingquote berücksichtigt:

- **Recycling:** Das Zielmaterial (m_2) entspricht dem Ausgangsmaterial und kann daher im Kreislauf gehalten werden (z. B.: Cu zu Cu).
- **andere stoffliche Verwertung**⁹⁵: Das Zielmaterial (m_3) wird zwar stofflich verwertet, die anschliessende Nutzung verhindert jedoch das Schliessen eines Kreislaufs, z. B. in dem das Material als Ersatzbaustoff verwendet wird (Downcycling).
- **energetische Verwertung:** Der Energieinhalt der Endfraktion (m_4) wird bestmöglich⁹⁶ verwertet⁹⁷. Die ungenutzte Abwärme bzw. unbrennbare Anteile werden massenanteilmässig als Beseitigung klassiert.
- **Beseitigung:** Dabei handelt es sich um Fraktionen (m_5), die thermisch ohne Energiegewinnung behandelt oder nach einer allfälligen Konditionierung abgelagert werden.

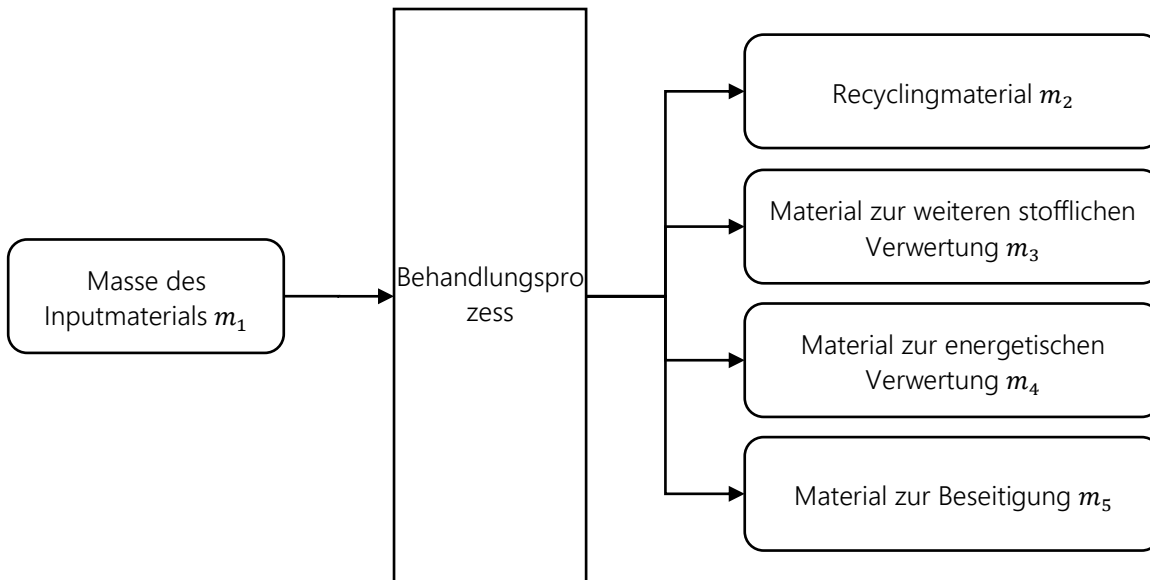
⁹⁴ Eine weitere Endnutzung ist die Wiederverwendung. Diese wird in der Schweiz für die Bestimmung der Recyclingquote nicht berücksichtigt.

⁹⁵ Z. B. Verwendung von Metallen als Reduktionsmittel

⁹⁶ In Anlagen mit einem R1-Faktor $\eta > 0,6$, gemäss *Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren 2023*

⁹⁷ Damit es als energetische Verwertung angerechnet werden kann, soll diese in einer R1-Anlage verwertet werden.

Abb. A3: Ablaufdiagramm zur Einteilung der aus dem EAG-Behandlungsprozess resultierenden Endnutzungen.



Die **Recyclingquote RQ** entspricht der Summe aller Teilmassen, die als m_2 klassiert werden, dividiert durch die gesamte Inputmasse m_1 :

$$RQ = \frac{m_2}{m_1}$$

Die **Verwertungsquote VQ** entspricht der Recyclingquote RQ und der Summe aller Teilmassen, die als m_3 und m_4 klassiert werden, dividiert durch die gesamte Inputmasse m_1 :

$$VQ = RQ + \frac{\sum m_3 + \sum m_4}{m_1}$$

Für die Bestimmung der RVQ sind die Behandlungsprozesse und sämtliche Zwischen- und Enfraktionen von der Erstbehandlung bis zu den in Abb. A3 erzielten Endnutzungen nach der finalen Behandlung abzubilden. Zur Berechnung der RVQ soll daher die gesamte Prozesskette und ihre Transferkoeffizienten bekannt sein. Für bestimmte Prozesse können ohne weitere Nachweispflicht die entsprechenden Standard Recycling- und Verwertungsquoten gemäss A 7.1.4 eingesetzt werden. Erzielen bestimmte Entsorgungsunternehmen nachweislich bessere Resultate, können diese anstatt der festgelegten Verwertungsquoten eingesetzt werden. Die Standard Recycling- und Verwertungsquoten sind periodisch zu überprüfen.

A 7.1.2 Richtquoten

Die angegebenen Richtquoten orientieren sich an den mit dem Stand der Technik realisierbaren Quoten. Dieser entspricht dem industriell von der Mehrzahl der Entsorgungsunternehmen erzielbaren Quoten für eine festgelegte Inputzusammensetzung.

Tab. A16: Richtquoten für RVQ bei der Behandlung von EAG

Behandlungsstrom	Richtquoten	
	RQ %	VQ %
Wärmetauschergeräte	80	85
Bildschirmgeräte	65	75
Großgeräte	75	80
Kleingeräte	55	75
Leuchtmittel ⁹⁸	90	90

Die in einem Batchversuch erreichten Recycling- und Verwertungsquoten müssen in Bezug auf die Inputzusammensetzung interpretiert werden.

A 7.1.3 Verluste

Als Ergänzung zur Recycling-Quote werden Verluste bei der Rückgewinnung von Metallen beurteilt. Metallfraktionen, welche in eine Zwischen- oder Endbehandlung gehen, werden auf ihre Verluste an Eisen-, Aluminium- und Kupfer analysiert, falls sie die beiden folgenden Bedingungen erfüllen:

- Aus der Fraktion werden die erwähnten Metalle in keinem nachfolgenden Behandlungsschritt zurückgewonnen.
- Der Massenanteil der Fraktion ist grösser als 3 Prozent der Gesamtmasse.

Die Entsorgungsunternehmen müssen diese Verluste periodisch überprüfen (durch Probenahmen und Laboranalysen, Schätzungen aus Handsortierungen etc.).

A 7.1.4 Endnutzungsanteile einzelner Fraktionen

Nachfolgend sind für einzelne Fraktionen Standardwerte für die Zuordnung zu den verschiedenen Endnutzungen⁹⁹, welche aus den Endbehandlungen resultieren, aufgeführt. Dies werden benötigt, um die Recycling- und Verwertungsquoten der gesamten Behandlungskette bestimmen zu können.

Es handelt sich um Erfahrungswerte aus der langjährigen Audittätigkeit der Branchenorganisationen. Im Einzelfall kann von diesen Werten abgewichen werden, wenn das Entsorgungsunternehmen für seine Prozesskette höhere Werte nachweisen kann.

⁹⁸ Hg-haltige Leuchtmittel

⁹⁹ R=Recycling; ASV=andere stoffliche Verwertung; EV=energetische Verwertung; TB=thermische Beseitigung; AB=Ablagerung

Tab. A17: Standard RVQ für bestimmte Fraktionen

Fraktion	letzte Behandlung	Endnutzungen					Grundlage und Annahmen
		R	ASV	EV	TB	AB	
		%	%	%	%	%	
Aluminium-fraktion rein ¹⁰⁰	Aluminiumschmelze	95	1		4		95 % Al-Rückgewinnung 1 % andere Metalle als Reduktionsmittel 4 % alle anderen organischen Fraktionen;
Aluminium-fraktion nicht rein	Aluminiumschmelze	90	1		9		90 % Al-Rückgewinnung 1 % andere Metalle als Reduktionsmittel 9 % alle anderen organischen Fraktionen;
Batterien trocken	Batterierecycling	50			50		50 % Metall-Rückgewinnung; 50 % Kunststoffe ohne Nutzen in Hütte (Batrec)
Bleibatterien	Batterierecycling	94			6		67 % Bleirückgewinnung; 2 % andere Metalle; 6 % organische Anteile/Heisse Technologie; 21 % Schwefelsäure-Rückgewinnung; 4 % Kunststoffe
Eisenfraktion rein	Stahlwerk	97		3			90 % Fe-Rückgewinnung 5 % mineralische Fraktion; 2 % andere Metalle; 3 % andere organische Fraktionen
Eisenfraktion nicht rein	Stahlwerk	92		8			85 % Fe-Rückgewinnung 5 % mineralische Fraktion; 2 % andere Metalle; 8 % andere organische Fraktionen
Festplatten, CD-, DVD- und Diskettenlaufwerke, Netzteile	Kupferhütte	76		23	1		72 % Metall-Rückgewinnung; 15 % Kunststoffe; 12 % Leiterplatten
Kabel und Stecker gemischt	Feinshredder/ Separation	30		70			
Kondensatoren	Sondermüll-verbrennungsanlage				100		
Kunststoffe in KVA	Kehricht-verbrennungsanlage			39	61		61,4 % andere organische Fraktionen keine Nutzung heisse Technologie; 38,6 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution
Kunststoffe ins Recycling	Kunststoffverwertung	51		49			
Kupferanker / Elektromotoren	Kupferhütte	25	70		5		25 % Cu-Rückgewinnung 70 % Fe als Reduktionsmittel 5 % Kunststoffe keine Nutzung – heisse Technologie
Kupfer und graue Metalle rein	Kupferhütte	95		5			75 % Cu-Rückgewinnung 20 % andere Metalle 5 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution
Kupfer und graue Metalle nicht rein	Kupferhütte	90		10			70 % Cu-Rückgewinnung 20 % andere Metalle 10 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution

100 Eine Fraktion gilt als «rein», wenn sie weniger als 2 % Fremdanteile enthält. Mit Fremdanteil ist ein Material gemeint, das sich vom vorgesehenen Ziel-(Output-)Material unterscheidet.

Fraktion	letzte Behandlung	Endnutzungen					Grundlage und Annahmen
		R	ASV	EV	TB	AB	
		%	%	%	%	%	
Leiterplatten	Kupferhütte	30		65	5		30 % andere Metalle 65 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution 5 % keine Nutzung kalte Technologie
Leuchtmittel / Hg-haltig	Spezielle Behandlung von quecksilberhaltigen Bestandteilen	90			10		85 % Mischungen von Glas 5 % Metallfraktion; 10 % andere Schadstoffe;
Metallfraktion gemischt	andere Metallschmelzen	92		8			87 % Metall-Rückgewinnung 5 % mineralische Fraktion 2 % andere Metalle; 6 % andere organische Fraktionen (Annahme)
Mobiltelefone	Kupferhütte speziell	30		65	5		30 % Metallrückgewinnung 65 % Kunststoffe verwendet für Brennstoffsubstitution 5 % keine Nutzung-kalte Technologie
Tonerkartuschen	Spezielle Behandlung von Tonerkartuschen	75			25		70 % Kunststoffe; 5 % andere Metalle; 25 % Kunststoffe als Brennstoffsubstitution

A 7.2 Kennzahlen aus der betrieblichen Materialbuchhaltung

Tab. A18: Langjährige Mittelwerte aus der betrieblichen Materialbuchhaltung und Zielwerte für den Massenanteil entfrachteter Kondensatoren und Batterien

Fraktion	Langjähriger Mittelwert (2015–2019) (Massenanteil)	Zielwert (Massenanteil)
Masse Kondensatoren aus EAG / Masse EAG (ohne Wärmeüberträger)	0,16 %	0,10 %
Masse Batterien aus EAG / Masse EAG	0,62 %	0,50 %

A 7.3 Chemische Analysen von Fraktionen

Tab. A19: Grenz- und Richtwerte in Fraktionen aus der Behandlung von EAG

Fraktion (0)	Cd ppm	Cu %	Fe %	Al %	PCB (1) ppm	PBDE (3) ppm	Br (3) ppm
Physikalisch feinste, nicht metallische Fraktion	100	1	– (4)	– (4)	50	–	
Kunststoffhaltige Fraktionen	100	–	–	–	50 (2)	1000	2000

(0) Massenanteil der Trockensubstanz soll vom Labor ausgewiesen werden

(1) Berechnung gemäß LAGA als 5-fache Summe der PCB-Kongenere 28, 52, 101, 138, 153 und 180

(2) nur Fraktionen der mechanischen Verarbeitung

(3) Kunststofffraktionen, welche als frei von verbotenen bromierten Flammschutzmitteln deklariert sind: PBDE-Gesamtgehalt (ChemRRV Anhang 2.18). Es sollten mindestens die BDE-Kongenere 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183 und 209 bestimmt werden.

Brom-Gesamtgehalt (CLC/TS 50625-3-1:2015 (E))

(4) Die Bestimmung von Fe und Al dient der Abschätzung «verlorener» Metalle in dieser Fraktion

Die feinsten, nicht-metallischen Fraktionen aus der mechanischen Behandlung umfassen die Shredder-leichtfraktion (Resh oder SLF), Stäube sowie Siebfraktionen.

Für Entsorgungswege der Outputfraktionen gelten die gesetzlichen Anforderungen.

Cadmium muss in Output-Fraktionen aus der Verarbeitung von Haushaltgrossgeräten nicht analysiert werden.

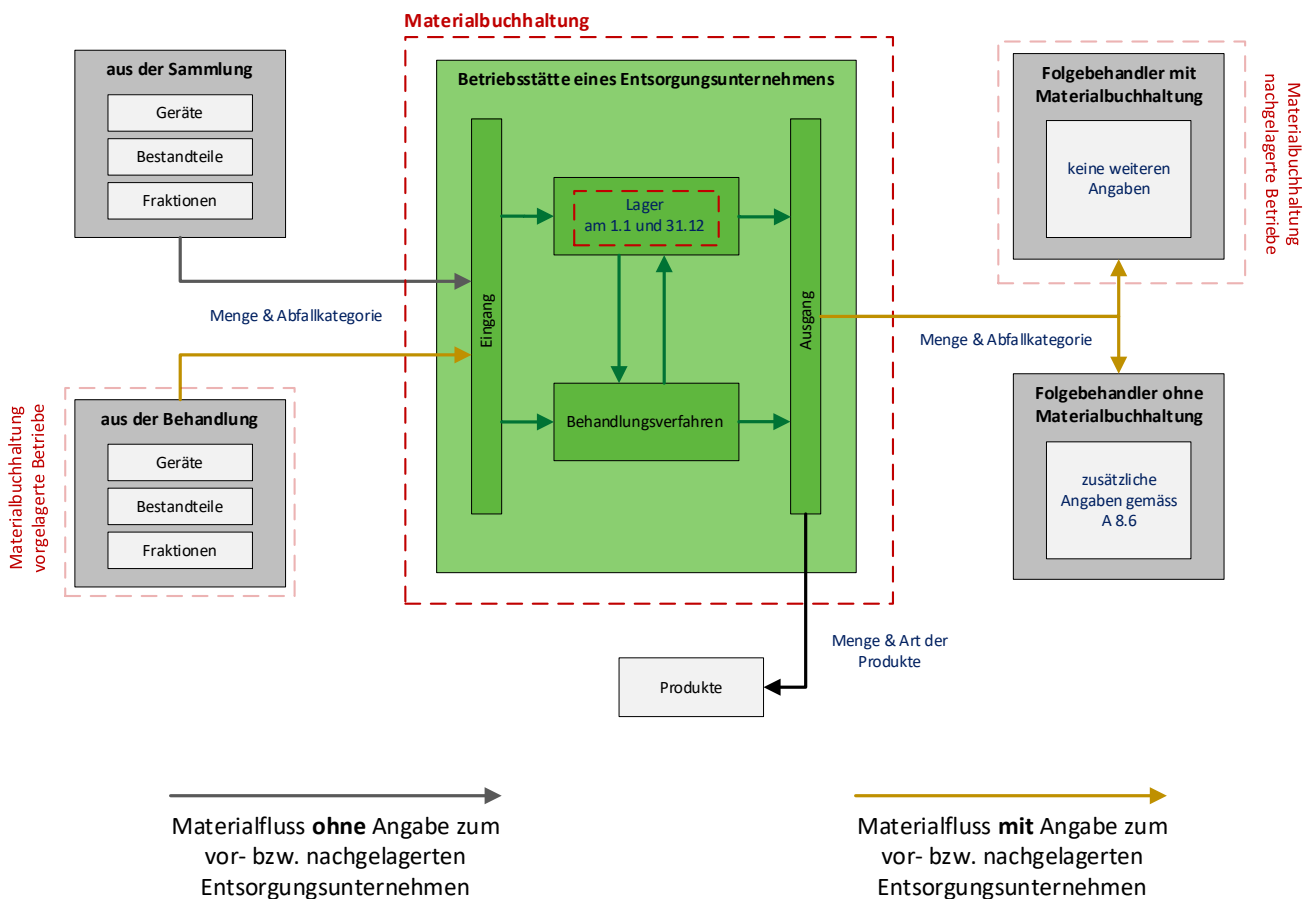
Anhang 8 Materialbuchhaltung

A 8.1 Anforderungen

Die betriebliche Materialbuchhaltung soll Aufschluss darüber geben, ob die Anforderungen an die Entsorgung gemäss Artikel 10 VREG insbesondere hinsichtlich dem Ausschleusen von Schadstoffen sowie der funktionalen, stofflichen und thermischen Verwertung der in den EAG vorhandenen Ressourcen erreicht werden. Dies bedingt eine lückenlose Aufzeichnung der Behandlung von der ersten Erfassung der Geräte als Abfall bis zur endgültigen Verwertung oder Beseitigung der enthaltenen Materialien.

Die Anforderungen an die betriebliche Materialbuchhaltung sind in Abb. A4 schematisch dargestellt und werden in den nachfolgenden Kapiteln detailliert.

Abb. A4: Schema zu den Anforderungen der betrieblichen Materialbuchhaltung



A 8.2 Abgrenzung

In der betrieblichen Materialbuchhaltung werden ausschliesslich Geräte und Bestandteile, welche unter die VREG fallen, sowie Fraktionen aus deren Behandlung erfasst. Entsorgungsunternehmen mit mehreren Betriebsstätten führen für jede Betriebsstätte eine separate Materialbuchhaltung.

A 8.3 Klassierung

Menge und Art aller im Jahr entgegengenommenen, verarbeiteten/erzeugten, gelagerten und weitergeleiteten Geräte, Bestandteile und Fraktionen sind zu erfassen. Die Klassierung ermöglicht eine Zuteilung anhand der in Tab. A20 aufgeführten Geräten, Bestandteilen und Fraktionen¹⁰¹.

Tab. A20: Liste zur Klassierung von Geräten, Bestandteilen und Fraktionen

Bezeichnung	LVA Code	Unterteilung	Typ
Geräte und Bestandteile aus der Sammlung			
Wärmetauschergeräte mit H-FKCW oder H-FKW	16 02 11	16 02 11 – A1	ak
Wärmetauschergeräte mit NH ₃ oder KW	16 02 13	16 02 13 – A1	ak
Flachbildschirmgeräte	16 02 13	16 02 13 – A2	ak
Kathodenstrahl-Geräte (CRT)	16 02 13	16 02 13 – A3	ak
IT- und Telekommunikationsgeräte	16 02 13	16 02 13 – A4	ak
andere Grossgeräte	16 02 13	16 02 13 – A5	ak
andere Kleingeräte	16 02 13	16 02 13 – A6	ak
Photovoltaik-Module	16 02 13	16 02 13 – A7	ak
medizinische Geräte	16 02 13	16 02 13 – A8	ak
Geräte für die Vorbereitung zur Wiederverwendung	16 02 13	16 02 13 – A9	ak
PCB-haltige Geräte	16 02 10	16 02 10 – A1	s
Asbesthaltige Geräte	16 02 12	16 02 12 – A1	s
Leuchtmittel	20 01 21	20 01 21 – A1	s
Bleibatterien	16 06 01	16 06 01 – A1	s
Lithium-Batterien	16 06 97	16 06 97 – A1	s
unsortierte Batterien	16 06 98	16 06 98 – A1	s
Bestandteile und Fraktionen aus der manuellen Behandlung			
Wärmetauschergeräte mit H-FKCW oder H-FKW – teilentfrachtet	16 02 11	16 02 11 – B1	ak
Wärmetauschergeräte mit NH ₃ oder KW – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B1	ak
Flachbildschirmgeräte – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B2	ak
Kathodenstrahl-Geräte (CRT) – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B3	ak
IT- und Telekommunikationsgeräte – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B4	ak
andere Grossgeräte – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B5	ak
andere Kleingeräte – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B6	ak
Photovoltaik-Module – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B7	ak
medizinische Geräte – teilentfrachtet ¹	16 02 13	16 02 13 – B8	ak
LED	16 02 16	16 02 16 – B1	nk
andere schadstofffreie Leuchtmittel	16 02 16	16 02 16 – B2	nk
Leuchtmittel quecksilberhaltig	20 01 21	20 01 21 – B1	s
CCFL-Hintergrundbeleuchtungen	20 01 21	20 01 21 – B2	s
Bleibatterien	16 06 01	16 06 01 – B1	s
Lithium-Batterien	16 06 97	16 06 97 – B1	s

¹⁰¹ In der Tabelle werden die LVA – Codes in Übereinstimmung mit der Rubrik *Klassierung von Abfällen aus elektrischen und elektronischen Geräten* der «Vollzugshilfe über den Verkehr mit Sonderabfällen und anderen kontrollpflichtigen Abfällen in der Schweiz» weiter unterteilt.

Bezeichnung	LVA Code	Unterteilung	Typ
unsortierte Batterien ²	16 06 98	16 06 98 – B1	s
Kondensatoren PCB-haltig und –verdächtig	16 02 09	16 02 09 – B1	s
Quecksilberschalter	16 02 15	16 02 15 – B1	s
Vorschaltgeräte aus Leuchten (PCB-verdächtig)	16 02 15	16 02 15 – B2	s
Leiterplatten mit gefährlichen Bestandteilen	16 02 15	16 02 15 – B3	s
Flüssigkristallanzeige (LCD) mit Hintergrundbeleuchtung	16 02 15	16 02 15 – B4	s
Kunststoffe, schadstoffhaltig	16 02 15	16 02 15 – B5	s
Ammoniak	06 02 05	06 02 05 – B1	s
Kältemittelgemisch Stufe 1	14 06 01	14 06 01 – B1	s
Öl PCB-haltig oder verdächtig	13 03 01	13 03 01 – B1	s
Öl nicht PCB-haltig	13 03 10	13 03 10 – B1	s
Festplatten, CD-, DVD- und Diskettenlaufwerke, Netzteile	16 02 97	16 02 97 – B1	ak
Tonerkartuschen, Tonermodule, Resttonerbehälter, Tintenpatronen	16 02 97	16 02 97 – B2	ak
Kathodenstrahlröhren	16 02 97	16 02 97 – B3	ak
Flüssigkristallanzeige (LCD) ohne Hintergrundbeleuchtung	16 02 97	16 02 97 – B4	ak
Leiterplatten ohne gefährliche Bestandteile	16 02 97	16 02 97 – B5	ak
Kondensatoren PCB-frei ²	16 02 97	16 02 97 – B6	ak
Demontierte Elektrokabel, mit oder ohne Stecker	16 02 98	16 02 98 – B1	ak
komplett entfrachtete Geräte	16 02 16	16 02 16 – B3	nk
Kupferanker / Elektromotoren	19 12 03	19 12 03 – B1	nk
Eisenmetalle	19 12 02	19 12 02 – B1	nk
Nichteisenmetalle	19 12 03	19 12 03 – B2	nk
Neodym-Magnete	19 12 03	19 12 03 – B3	nk
Kunststoffe sortenrein oder gemischt, ohne Schadstoffe	19 12 04	19 12 04 – B1	nk
Flachglas	19 12 05	19 12 05 – B1	nk
Holzabfälle (behandeltes oder beschichtetes Holz) mit Ausnahme der problematischen Holzabfällen)	19 12 98	19 12 98 – B1	ak
Holzabfälle (naturbelassenes Holz)	19 12 07	19 12 07 – B1	nk
Mineralische Abfälle	19 12 09	19 12 09 – B1	nk
Gemischte brennbare Abfälle	19 12 10	19 12 10 – B1	nk
Fraktionen aus der mechanischen Behandlung			
Eisen und Stahl	19 10 01	19 10 01 – B1	nk
Nichteisenmetallabfälle	19 10 02	19 10 02 – B1	nk
Kupferanker	19 10 06	19 10 06 – B1	nk
schadstoffhaltige Metallfraktionen	19 12 11	19 12 11 – B1	s
schadstoffhaltige Kunststofffraktionen	19 12 11	19 12 11 – B2	s
Isolationsschäume (PUR), FCKW-haltig, porenentgast	19 12 11	19 12 11 – B1	s
schadstofffreie Kunststofffraktionen	19 12 04	19 12 04 – B2	nk
Isolationsschäume (PUR), FCKW-frei, poren- und matrixentgast	19 12 04	19 12 04 – B3	nk
Treibmittelgemisch Stufe 2	14 06 01	14 06 01 – B2	s
schadstoffhaltiges Glas	19 10 05	19 10 05 – B3	s

Bezeichnung	LVA Code	Unterteilung	Typ
schadstofffreies Glas	19 12 05	19 12 05 – B2	nk
schadstoffhaltige Kunststoff-Metall-Glas-Gemische	19 10 05	19 10 05 – B4	s
schadstofffreie Kunststoff-Metall-Glas-Gemische	19 10 06	19 10 06 – B2	nk
Shredderleichtfraktion und Staub	19 10 03	19 10 03 – B1	s
Hg-haltige Schlämme / Aktivkohle	19 12 11	19 12 11 – B2	s
Mineralische Abfälle	19 12 09	19 12 09 – B2	nk

- 1 Als teilentfrachtet gelten Geräte, von denen Teile (z. B. Kabel, Batterie, Kondensatoren, etc.) entfernt wurden, die jedoch noch nicht als vollständig schadstoffentfrachtet betrachtet werden können
- 2 auch aus der mechanischen Behandlung, wenn diese Bestandteile nach dem Materialaufschluss aussortiert werden

A 8.4 Nachverfolgbarkeit

Zur Nachverfolgbarkeit sind Materialien- und Ausgänge nach vor- und nachgelagerten Entsorgungsunternehmen aufzuführen¹⁰². Davon ausgenommen sind Materialeingänge aus der Sammlung. Diese können kumuliert, ohne Angabe zur Herkunft erfasst werden. Betreibt eine Betriebsstätte eines Entsorgungsunternehmens eine Sammelstelle am selben Standort, so sind die dort gesammelten Mengen als Materialeingang zu erfassen.

A 8.5 Angaben zur Erstbehandlung

Die aus der Sammlung entgegengenommenen Geräte werden dann als verarbeitet betrachtet, wenn die erste physische Behandlung stattgefunden hat. Geräte welche eine Erstbehandlung durchlaufen sind werden daher als «Fraktionen aus der manuellen Behandlung» oder «Fraktionen aus der mechanischen Behandlung» unter dem entsprechenden Code weitergegeben. Geräte aus der Sammlung, welche weitergeleitet werden, ohne dass eine physische Behandlung stattgefunden hat, werden weiterhin als «Geräte aus der Sammlung» klassiert und unter dem entsprechenden Code weitergegeben.

¹⁰² Für vor- und nachgelagerte Entsorgungsunternehmen in der Schweiz wird die Betriebsnummer verwendet. Für Folgebehandler im Ausland der Firmenname und die Adresse des Betriebsstandortes welcher die Behandlung durchführt.

A 8.6 Angaben zur Folgebehandlung

Bei Materialausgängen sind Angaben zur weiteren Behandlung zu erfassen. Dabei ist die Materialzusammensetzung in Prozent gemäss Tab. A21 anzugeben und für jeden Fraktionsanteil die Endnutzung auszuweisen.

Tab. A21: Liste der Bestandteile bei Angabe der Fraktionszusammensetzung

Fraktionsanteile	Beschrieb
Eisenmetalle	Eisen, Stahl, Edelstahl
Aluminium	Guss, gepresst, geschmiedet
Kupfermetalle	Kupferlitzen, Kupfer, Kupferlegierungen
Kunststoffe	Kunststoffstücke (alle Polymere)
Glas	Glasstücke
edelmetallhaltige Bestandteile	Leiterplattenstücke, Teile von IT-Steckern, etc.
andere Metalle	Blei, Zinn, Magnesium, etc. nur wenn > 2 % Massenanteil
andere brennbare Anteile	Kunststoffstaub, andere organische Anteile, etc.
andere nicht brennbare Anteile	Glasstaub, andere anorganische Anteile

Die folgenden vier Endnutzungen werden unterschieden (vgl. *Anhang A 7.1.1*):

- **Recycling:** Das Zielmaterial entspricht dem Ausgangsmaterial und kann daher im Kreislauf gehalten werden (z. B.: Cu zu Cu).
- **andere stoffliche Verwertung**¹⁰³: Das Zielmaterial (m_3) wird zwar stofflich verwertet, die anschliessende Nutzung verhindert jedoch das Schliessen eines Kreislaufs.
- **energetische Verwertung**: Der Energieinhalt der Endfraktion wird bestmöglich¹⁰⁴ verwertet¹⁰⁵. Die ungenutzte Abwärme bzw. unbrennbare Anteile werden massenanteilmässig als Beseitigung klassiert.
- **Beseitigung:** Dabei handelt es sich um Fraktionen, die thermisch ohne Energiegewinnung behandelt oder nach einer allfälligen Konditionierung abgelagert werden.

Werden die Fraktionsanteile bis zur Endbehandlung weiter aufgeteilt und es kommen unterschiedliche Endnutzungen zur Anwendung, müssen diese massenanteilmässig ausgewiesen werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn Leiterplatten in einer Metallschmelze verwertet werden, wobei die Metallanteile zurückgewonnen werden (Recycling) während die organischen Anteile als Brennstoffersatz zum Einsatz kommen (thermische Verwertung).

Das Entsorgungsunternehmen holt diese Informationen in der Regel vom nachgelagerten Entsorgungsunternehmen in schriftlicher Form ein. Für die in Tab. A17 aufgeführten Fraktionen kann auf eine schriftliche Bestätigung des Folgebehandlers verzichtet und es können die in der Tabelle hinterlegten Standardwerte verwendet werden.

¹⁰³ Z. B. Verwendung von Metallen als Reduktionsmittel

¹⁰⁴ In Anlagen mit einem R1-Faktor $\eta > 0,6$, gemäss *Bericht Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren 2023*

¹⁰⁵ Damit es als energetische Verwertung angerechnet werden kann, soll diese in einer R1-Anlage verwertet werden.

In den nachfolgenden Fällen müssen keine Angaben zur nachgelagerten Behandlung gemacht werden

- Das nachgelagerte Entsorgungsunternehmen unterliegt der VREG und führt eine eigene Materialbuchhaltung
- Beim Materialausgang handelt es sich um zeitlich begrenzte Lieferungen von Kleinmengen (Richtwert ~ 1 % Jahresumschlag) von nicht-kontrollpflichtigen Abfällen
- Beim Materialausgang handelt es sich nicht mehr um Abfälle
- Werden Geräte im Ausland einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt, muss nur angegeben werden, dass es sich bei der nachgelagerten Behandlung um eine Vorbereitung zur Wiederverwendung handelt. Auf Angaben zur Zusammensetzung kann verzichtet werden.

A 8.7 Angaben zu erzeugten Produkten

Führt das Entsorgungsunternehmen für bestimmte Geräte, Bestandteile oder Fraktionen eine finale Behandlung durch (e.g. Vorbereitung zur Wiederverwendung, Extrusion von Kunststoffgranulaten) werden die daraus resultierenden Produkte nicht mehr als Abfälle erfasst. Damit die Materialbilanz stimmt und die entsprechende Verwertung berücksichtigt werden kann, werden solche Ausgänge dennoch in der Materialbuchhaltung erfasst.

A 8.8 Lager

Das Lager an Geräten, Bestandteilen und Fraktionen ist in der Materialbuchhaltung jeweils per 1. Januar und 31. Dezember aufzuführen. Dies erlaubt das erstellen und plausibilisieren einer jährlichen Massenbilanz.