

Texte

Texte

14
08

ISSN
1862-4804

Rechtliche und fachliche Grundlagen zum ElektroG

**Teil 3: Anforderungen an die Ermittlung des
individuellen Anteils an Altgeräten an der
gesamten Altgerätemenge pro Geräteart
durch Sortierung oder nach wissenschaftlich
anerkannten statistischen Methoden**

Umwelt
Bundes
Amt



Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 206 31 300
UBA-FB 001108/3



**Rechtliche und fachliche
Grundlagen zum ElektroG**
**Teil 3: Anforderungen an die
Ermittlung des individuellen Anteils an
Altgeräten an der gesamten
Altgerätemenge pro Geräteart durch
Sortierung oder nach wissenschaftlich
anerkannten statistischen Methoden**

von

Bernd Bilitewski
Perrine Chancerel
Florian Groß
Alexander Janz
Vera Susanne Rotter
Wolf-Peter Schill
Jörg Wagner

Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten der Technischen Universität
Dresden
Technische Universität Berlin, Fachgebiet für Abfallwirtschaft
INTECUS GmbH – Abfallwirtschaft und umweltintegratives
Management

Prof. Dr. Bernd Bilitewski
Federführung des Gesamtprojektes
Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten der Technischen Universität
Dresden

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Abt. III 1/ ElektroG
Christiane Schnepel
Dessau-Roßlau, Oktober 2007

<p>Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit</p>
<p>Abfallwirtschaft</p>
<p>Förderkennzeichen (UFOPLAN) 206 31 300</p>
<p>Rechtliche und fachliche Grundlagen zum ElektroG</p>
<p><u>Teil 3:</u> Anforderungen an die Ermittlung des individuellen Anteils an Altgeräten an der gesamten Altgerätemenge pro Geräteart durch Sortierung oder nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden (§14, Abs. 5, Satz 3, Nr. 1)</p>
<p>von Bernd Bilitewski / Perrine Chancerel / Florian Groß / Alexander Janz / Vera Susanne Rotter / Wolf-Peter Schill / Jörg Wagner</p>
<p>Technische Universität Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten (IAA) Technische Universität Berlin, Fachgebiet für Abfallwirtschaft INTECUS GmbH – Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management</p>
<p>Federführung des Gesamtprojektes: Prof. Dr. Bernd Bilitewski Direktor des Instituts für Abfallwirtschaft und Altlasten der Technischen Universität Dresden</p>
<p>IM AUFTRAG DES UMWELTBUNDESAMTES</p>
<p>August 2007</p>

Berichtskennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts		
<p>Rechtliche und fachliche Grundlagen zum ElektroG</p> <p>Teil 3: Anforderungen an die Ermittlung des individuellen Anteils an Altgeräten an der gesamten Altgerätemenge pro Gerätetyp durch Sortierung oder nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden (§14, Abs. 5, Satz 3, Nr. 1 ElektroG)</p>		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Bilitewski, Bernd; Chancerel, Perrine; Groß, Florian; Janz, Alexander; Rotter, Susanne; Schill, Wolf-Peter; Wagner, Jörg	8. Abschlussdatum August 2007	9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Technische Universität Dresden Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten Pratzschwitzer Straße 15 01796 Pirna Telefon: +49-(0)3501-5300-21 Email: abfall@mail.zih.tu-dresden.de	10. UFO PLAN-Nr. 206 31 300	11. Seitenzahl 86
	12. Literaturangaben 32	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau	13. Tabellen 19	14. Abbildungen 12
15. Zusätzliche Angaben Das Projekt „Rechtliche und fachliche Grundlagen zum ElektroG“ enthält drei fachliche Schwerpunkte, welche jeweils in Form eines Teilberichts bearbeitet wurden.		
16. Zusammenfassung Das Elektro- und Elektronikaltgerätegesetz (ElektroG) vom 16. März 2005 legt im §14, Absatz 5, Satz 3, Nr. 1-2 fest, nach welchen Methoden die individuellen Verpflichtungen hinsichtlich Elektroaltgeräten aus dem privaten Gebrauch (B2C) je Hersteller bestimmt werden kann. Satz 1 sieht die Möglichkeit vor, dass ein Hersteller diese durch „Sortierung oder nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden nachgewiesenen Anteil seiner eindeutig identifizierbaren Altgeräte an der gesamten Altgerätemenge pro Gerätetyp“ bemessen kann. Im Zuge dieses Teilberichts werden die Methoden Haushaltsbefragung, Hochrechnung auf Basis von Herstellerangaben, Sichtung und Sortierung auf ihre praktische Durchführbarkeit inkl. der Bestimmung der Mindeststichprobenmengen unter Anwendung verschiedener statistischer Ansätze und Abschätzung des technisch-organisatorischen Aufwands überprüft. Außerdem werden die damit verbundenen finanziellen Aufwendungen abgeschätzt. Es zeigt sich, dass drei Ansätze zur Ableitung der Mindest-Stichprobengröße (Container je Sammelgruppe) die zu ziehenden Stichprobenumfänge pauschal festlegen. Zur Durchführung des einzigen statistisch abgesicherten Ansatzes sind umfangreiche praktische Untersuchungen der Merkmalsstreuung notwendig. Um diesen Ansatz dennoch ökono-		

misch bewerten zu können, wurden Streuungen abgeschätzt. Es zeigt sich, dass die Mindest-Stichprobenmengen in Abhängigkeit der Sammelgruppe sowie des untersuchten statistischen Ansatzes stark variieren. Die Anwendung der pauschalen statistischen Ansätze lässt geringere notwendige Stichprobenumfänge erwarten als der statistisch hergeleitete Ansatz.

Nach Erhebung praxisnaher Kennzahlen werden die Methoden „Sortierung“ und „Sichtung“ als praktisch realisierbare Varianten zur Bestimmung der individuellen Produktverantwortung angesehen. Unter Anwendung realer Kostenansätze wird festgestellt, dass mit der Anwendung pauschaler Ansätze zur Bestimmung der Stichprobengröße geringere technisch-ökonomische Aufwendungen als bei dem statistisch abgesicherten Ansatz entstehen.

17. Schlagwörter

ElektroG, individuelle Produktverantwortung, Abholkoordination, Stichprobengröße, Kostenkalkulation, Elektro- und Elektronikaltgeräte, WEEE

18. Preis

19.

20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Title <p>Rechtliche und fachliche Grundlagen zum ElektroG (Legal and functional basics according to the German Act Governing the Scale, Return and Environmentally Sound disposal of Electrical and Electronic Equipment – ElektroG). Part 3: Anforderungen an die Ermittlung des individuellen Anteils an Altgeräten an der gesamten Altgerätemenge pro Gerätetyp durch Sortierung oder nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden (§14, Abs. 5, Satz 3, Nr. 1 ElektroG) (Requirement for producers to determine the amount of those used appliances clearly identifiable in each equipment type as stemming from his production through sorting or through the use of scientifically accepted statistical methods according to Chapter 14, para. 5, line 3, nr. 1)</p>		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) <p>Bilitewski, Bernd; Chancerel, Perrine; Groß, Florian; Janz, Alexander; Rotter, Susanne; Schill, Wolf-Peter; Wagner, Jörg</p>	8. Report Date August, 2007	9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Adress) <p>Technische Universität Dresden Institute of Waste Management and Contaminated Site Treatment Pratzschwitzer Straße 15 D-01796 Pirna, Germany Telefon: +49-(0)3501-5300-21 Email: abfall@mail.zih.tu-dresden.de</p>	10. UFOPLAN-Ref. No. 206 31 300	11. No. of Pages 86
	12. No. of References 32	
7. Funding Agency (Name, Adress) <p>Umweltbundesamt (German Federal Environment Agency), Wörlitzer Platz 1, D-06844 Dessau-Roßlau, Germany</p>	13. No. of Tables, Diagrams 19	
	14. No. of Figures 12	
15. Supplementary Notes <p>The project „Rechtliche und fachliche Grundlagen zum ElektroG“ (Legal and functional basics according to the German Act Governing the Scale, Return and Environmentally Sound disposal of Electrical and Electronic Equipment – ElektroG) contains three main subjects which are dealt in three independent reports.</p>		
16. Abstract <p>Chapter 14, para. 5, line 3, nr. 1-2 of the German Elektro- und Elektronikaltgerätegesetz (ElektroG) dated March 16, 2005 stipulates which methods may be applied in the determination of manufacturers' individual responsibilities regarding used electrical household appliances (B2C). Line 1 gives the option of a manufacturer determining his responsibility through sorting or through the use of scientifically accepted statistical methods to determine the amount of those used appliances clearly identifiable in each equipment type as stemming from his production.</p>		

This partial report examines the feasibility of the methods of questioning households, statistics derived from data provided by the manufacturer, sighting and sorting, to include the determination of a minimum required amount of random samples when applying various statistical approaches and estimating the technical and organizational expenditures. Furthermore, the ensuing financial expenses are estimated.

It turns out that there are three approaches to determine the minimum amount of random sampling required (container per category). The only statistically proven approach requires an extensive examination of the variation of the investigated properties. However, in order to evaluate this approach in a cost effective manner the statistical spreads were estimated. It is determined that the minimal amount of random sampling required varies greatly according to sample category as well as the statistical approach applied. The required amount of random sampling is expected to be much smaller when applying a generalized statistical approach versus a statistically derived approach. After practical determination of relevant technical key figures the methods of „sorting“ and „sighting“ prove to be practical and realistic options in determining individual product responsibility. When applying realistic cost estimations, the use of generalized approaches to determine the amount of random sampling requires smaller technical and economical expenditures than a statistically proven approach, but do not conform to the statistical requirements according the ElektroG.

17. Keywords

ElektroG, extended producer responsibility, logistic coordination, sample size, cost calculation, waste electric and electronic equipment, WEEE

18. Price

19.

20.

Inhaltsverzeichnis

1. Begriffe und Definitionen	8
1.1. Begriffe zum ElektroG	8
1.2. Statistische Grundbegriffe	11
2. Einleitung.....	13
2.1. Fragestellung / Ziel des Reports (o.ä.)	13
2.2. Umsetzung der Produktverantwortung im ElektroG	14
2.2.1. Konzept der Produktverantwortung.....	14
2.2.2. Individuelle Herstellerverantwortung	16
2.2.3. Produktverantwortung in der RI 2002/96/EG	17
2.2.4. Geteilte Produktverantwortung im ElektroG	18
2.3. Festlegung der Abholkoordination	22
2.3.1. Berechnung über den Anteil der in Verkehr gebrachten Menge	26
2.3.2. Bestimmung individueller Anteile an der Altgerätemenge	27
2.4. Bemessung der individuellen Produktverantwortung gemäß nach § 14 Abs. 5 Satz 3 Nr. 1 ElektroG.....	28
2.4.1. Definition der Grundgesamtheit	29
2.4.2. Definition Stichprobeneinheit der Probeentnahme.....	30
2.4.3. Definition der Erhebungsmerkmale	30
3. Statistische Grundlagen zur Festlegung von Stichprobenumfängen für Abfalluntersuchungen.....	32
3.1.1. Merkblatt M4 „Bestimmung der Zusammensetzung fester Abfälle – Müllanalysen“ des VKF	32
3.1.2. Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 2/78K)	33
3.1.3. Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 98).....	35
3.1.4. Sächsische Richtlinie Abfallanalytik	35
3.1.5. Zusammenfassende Bewertung der Ansätze zur Festlegung von Stichprobenumfängen	37
4. Abschätzung des Mengengerüsts zur Festlegung von Untersuchungsumfängen	39
4.1. Datenbasis und Methode zur Abschätzung des Aufkommens von EAG in Deutschland	42
4.2. Schätzung der Anzahl jährlich zu entsorgenden Container in der Abholkoordination je Sammelgruppe	44
4.3. Schätzung von Massenanteile und Stückzahlen einzelner Gerätearten je Sammelgruppe in Containern der Abholkoordination.....	46

4.4. Prognose der zeitlichen Entwicklung des Anteils von neuen Altgeräten je Geräteart in Containern aus der Abholkoordination	48
4.5. Abschätzung herstellerindividueller Anteile an neuen Altgeräten in Containern aus der Abholkoordination	49
4.6. Schätzung von Streuungen und Wahrscheinlichkeiten des Untersuchungsmerkmals	50
4.6.1. Abschätzung des Variationskoeffizienten im Fall, dass die durchschnittliche Anzahl der Geräte pro Geräteart pro Container und Hersteller klein ist (< 0,3)	51
4.6.2. Abschätzung des Variationskoeffizienten im Fall, dass die durchschnittliche Anzahl der Geräte pro Geräteart pro Container und Hersteller größer als 0,3 ist	52
4.7. Schätzung von Mindeststichprobenumfängen für eine Pilotuntersuchung	53
5. Praktische Umsetzung und Verfahrensalternativen.....	55
5.1. Sortieranalysen	55
5.1.1. Stichprobenplanung	55
5.1.2. Sortievorgehen und Datenerhebung	56
5.1.3. Bestimmung von Kennzahlen bei der Sortierung von EAG (Modelluntersuchung)	56
5.1.4. Zusammenfassende Bewertung	59
5.2. Sichtungen an Sammelstellen	60
5.2.1. Vorgehen	60
5.2.2. Zusammenfassende Bewertung	60
5.3. Hochrechnung EAG-Anteil auf Basis Herstellerangaben	61
5.4. Befragungen	62
5.4.1. Befragung am Ort der Aktivität	62
5.4.2. Haushaltsbefragungen	63
5.4.3. Zusammenfassende Bewertung	64
5.5. RFID Systeme	64
6. Kostenschätzung für die Bestimmung individueller Herstelleranteile an EAG je Geräteart	66
6.1. Gesamtkosten der Sortierung	66
6.2. Gesamtkosten der Sichtung	73
7. Bewertung und Schlussfolgerungen.....	75
8. Literatur.....	80
9. Anhänge.....	83

1. Begriffe und Definitionen

1.1. Begriffe zum ElektroG

Im Folgenden werden Begriffe gemäß der geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen, wie sie im vorliegenden Bericht verwendet werden, definiert. Diese sind im „Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG)“ geregelt. Das ElektroG setzt die Richtlinie 2002/96/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE-Richtlinie) in das Deutsche Recht um.

Elektro- und Elektronikgeräte im Sinne des ElektroG sind

- „1. Geräte, die zu ihrem ordnungsgemäßen Betrieb elektrische Ströme oder elektromagnetische Felder benötigen,
- 2. Geräte zur Erzeugung, Übertragung und Messung solcher Ströme und Felder, die für den Betrieb mit Wechselspannung von höchstens 1.000 Volt oder Gleichspannung von höchstens 1.500 Volt ausgelegt sind“ (§3 ElektroG). Nähere Hinweise zur Abgrenzung von Elektro- und Elektronikgeräten hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit veröffentlicht (BMU, 2005).

Geräte aus privaten Haushalten werden üblicherweise als „**B2C**“ (**Business to Consumer**) bezeichnet. **Private Haushalte** nach § 3 Abs. 4 sind private Haushaltungen im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sowie sonstige Herkunftsgebiete von Altgeräten, soweit die Beschaffenheit und Menge der dort anfallenden Altgeräte mit den in privaten Haushaltungen anfallenden Altgeräten vergleichbar sind. Die Geräte aus privaten Haushalten nach § 3 Abs. 4, von denen der Endnutzer ein Gewerbe, eine Industrie, eine Verwaltung und ein sonstiger Bereich ist (z.B. Kaffeemaschine im Büro, Personalcomputer), werden als „**Dual-Use**“-**Geräte** bezeichnet. Im Unterschied dazu sind laut § 6 Abs. 3 diejenigen Geräte keine Geräte aus privaten Haushalten, für die der Hersteller

glaublich macht, dass sie ausschließlich in **anderen als privaten Haushalten** genutzt werden oder dass solche Geräte gewöhnlich nicht in privaten Haushalten genutzt werden. Diese werden als „**B2B-Geräte**“ (**Business to Business**) bezeichnet.

Die Begriffe „**old waste**“ oder „**historische**“ **Altgeräte** bzw. „**new waste**“ oder „**neue**“ **Altgeräte** beziehen sich darauf, ob diese vor oder nach dem 23. November 2005 in Verkehr gebracht wurden. Für die Entsorgung von historischen Geräten anderer Nutzer als privater Haushalte (historische „B2B-Geräte“) ist nach § 10 Abs. 2 ElektroG der Besitzer verantwortlich und nicht der Hersteller. Für die ordnungsgemäße Verwertung und Beseitigung von B2C-Geräten ist der Hersteller verantwortlich. § 14 Abs. 5 legt ein Verfahren fest, wie diese Verpflichtung anteilig festgesetzt wird. Die Methode zur Feststellung der Herstelleranteile hängt davon ab, ob die zu entsorgenden Geräte historische oder neue Altgeräte sind.

Die Geräte werden nach Anhang IA der EU-Richtlinie 2002/96/EG und nach § 2 ElektroG zu **Kategorien** zugeordnet. Für die einzelnen Kategorien sind Verwertungsquoten gemäß § 12 ElektroG festgelegt. Im Rahmen der Berichtspflicht nach Art. 12 EU-Richtlinie 2002/96/EG (1) melden die Mitgliedstaaten Mengen über auf Ihrem Gebiet in Verkehr gebrachte, gesammelte, wieder verwendete, dem Recycling zugeführte und verwertete Mengen pro Kategorie. Die Mitteilungspflicht der Hersteller nach § 13 ElektroG umfasst ebenso die von ihm wieder verwendete, verwertete und stofflich verwertete Menge je Kategorie.

Die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger stellen nach § 9 Abs. 4 ElektroG die von den Herstellern abzuholenden Altgeräte in von den Herstellern zur Verfügung gestellten Behältnissen in fünf verschiedenen **Sammelgruppen** unentgeltlich bereit. Diese Sammelgruppen fassen verschiedene Gerätetypen zusammen. Die Anordnung zur Abholung eines bereitgestellten Behältnisses an einer Übergabestelle bezieht sich jeweils auf die ganze Gruppe von Altgeräten, die in diesem Behältnis nach der obigen Definition enthalten sind. Falls weitere Gerätetypen neben der des verpflichteten Herstellers enthalten sind, wird die gesamte in dem Behältnis enthaltene Menge auf die Rücknahmeverpflichtung des Herstellers angerechnet.

Geräteart im Sinne des § 3 Abs. 2 ElektroG bezeichnet Geräte innerhalb einer Kategorie, die hinsichtlich der Art ihrer Nutzung oder ihrer Funktionen vergleichbare Merkmale aufweisen. Die Gemeinsame Stelle ist nach § 14 Abs. 4 ElektroG berechtigt, die Zuordnung der Geräte zu den Gerätearten festzulegen. Dies erfolgt im Rahmen der Regelsetzung der EAR (Regel EAR 03-011 Stand: Juli 2005; Regel: Gerätearten; Festlegung, Änderung). Die Regel muss daher sicherstellen, dass einzelne Geräte Gerätearten wettbewerbsneutral zugeordnet werden. Die Gerätearten bestimmen u.a. die Höhe der Finanzierungsgarantie und die Rücknahme- und Entsorgungsverpflichtungen nach § 14 Abs. 5 ElektroG zu berechnen sind.

Die Gesamtheit aller registrierten Hersteller, die Geräte einer bestimmten Kategorie nach § 2 Abs. 1 ElektroG in Verkehr bringen, ist in sog. **Produktbereichen** zusammengefasst. Daher gibt es entsprechend den 10 Kategorien 10 Produktbereiche. Ein Hersteller, der Geräte mehrerer Kategorien in Verkehr bringt, gehört dementsprechend mehreren Produktbereichen an.

Sammelstellen werden nach § 9 ElektroG von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) eingerichtet. Hier können die Bürger unentgeltlich Altgeräte abgeben.

An **Übergabestellen** stellen die örE die gesammelten Altgeräte unentgeltlich zur Abholung durch Hersteller bereit. Sammelstellen können gleichzeitig Übergabestellen sein. Die örE können die Sammlung der Altgeräte auch so organisieren, dass die Altgeräte aus mehreren Sammelstellen in eine einzige Übergabestelle gebracht werden, um dort die Behältnisse nach § 9 Abs. 4 ElektroG zusammenzustellen, die von den Herstellern nach § 10 Abs. 1 abgeholt werden müssen.

Behandlung im Sinne des § 3 ElektroG sind Tätigkeiten, die nach der Übergabe der Altgeräte an eine Anlage zur Entfrachtung von Schadstoffen, zur händischen Demontage, zur automatisierten Zerkleinerung als Vorbehandlungsschritte zur Verwertung oder zur Vorbereitung der Beseitigung durchgeführt werden, sowie sonstige Tätigkeiten, die der Verwertung oder Beseitigung der Altgeräte dienen.

In diesem Sinne ist die **Erstbehandlungsanlage** die erste Stufe der Behandlung im Sinne § 3 (10) ElektroG. Bei der Definition der Erstbehandlung über Tätigkeitsmerkmale wird in Fachkreisen diskutiert, dass als „erste Behandlungsschritte“ auch Tätigkeiten einer ersten Selektion von Geräten oder Baugruppen anzusehen sind, ohne dass die Geräte oder Bauteile selbst einer Bearbeitung unterworfen werden. Dies entspricht auch dem weitgefassten Behandlungsbegriff in § 3 Abs.10 ElektroG.

1.2. **Statistische Grundbegriffe**

Grundgesamtheit: die Menge aller potentiellen Untersuchungsobjekte. Der Umfang der Grundgesamtheit wird mit N bezeichnet.

Stichprobe: Teilgesamtheit n (Auswahl) von Erhebungseinheiten einer Grundgesamtheit N, wobei gilt $n < N$ [LfUG, 1998].

Erhebungseinheit: Elemente einer Grundgesamtheit, welche die Chance haben, in die Stichprobe zu gelangen.

Stichprobeneinheit: Erhebungseinheit, die in die Stichprobe gelangt ist. Die Stichprobeneinheit ist die kleinste Einheit, die ausgewählt und getrennt sortiert oder gesichtet wird.

Stichprobenumfang: Anzahl der Stichprobeneinheiten in einer Stichprobe.

Erhebungsmerkmal: Merkmal, für das eine Kenngröße (z. B. Mittelwert, Totalwert, Anteil) in der Grundgesamtheit auf Basis der Stichprobe geschätzt werden soll.

Mittelwert \bar{x} : Empirisches Lagemaß; Summe aller Stichprobenwerte x_i , geteilt durch den Stichprobenumfang n [LfUG, 1998].

Variationskoeffizient v: Relatives dimensionsloses empirisches Streuungsmaß, welches sich als Quotient von Varianz und Erwartungswert ergibt. Der Variationskoeffizient ist geeignet zum Vergleich der Variabilität von Untersu-

chungsparametern mit verschiedenen Mittelwerten bzw. zum Vergleich von Stichproben eines Grundgesamtheitstyps [LfUG, 1998].

Konfidenzintervall KI: Ein aus Stichprobenwerten berechnetes Intervall, das den wahren, aber unbekannten Parameter mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit, der Vertrauenswahrscheinlichkeit, überdeckt [Sachs, 2006].

Vertrauenswahrscheinlichkeit: Die Vertrauenswahrscheinlichkeit gewährleistet, dass bei häufiger Anwendung die berechneten Konfidenzintervalle mit der eingesetzten Wahrscheinlichkeit den Parameter überdecken [Sachs, 2006].

2. Einleitung

2.1. Zielstellungen

Das Elektro- und Elektronikaltgerätegesetz (ElektroG) legt im §14, Absatz 5, Satz 3, Nr. 1-2 fest, nach welchen zwei Methoden der individuelle Anteil eines Herstellers an Elektroaltgeräten aus dem privaten Konsum (B2C) bestimmt werden kann, den dieser Hersteller zurückzunehmen und entsprechend der Vorgaben des ElektroG zu entsorgen hat. Dabei sind nur Geräte zu betrachten, welche nach dem 23.11.2005 in Verkehr gebracht wurden. Für die vor diesem Datum hergestellten Elektrogeräte gilt eine kollektive Rücknahmepflicht aller Hersteller. §14, Abs. 5, Satz 3, Nr. 1 sieht die Möglichkeit vor, dass ein Hersteller seinen individuellen Anteil durch „Sortierung oder nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden nachgewiesenen Anteil seiner eindeutig identifizierbaren Altgeräte an der gesamten Altgerätemenge pro Geräteart“ bestimmen kann.

Im ersten Teilabschnitt des vorliegenden Teilberichts werden notwendige statistische Begriffe definiert und aus dem rechtlichen Kontext das notwendige Untersuchungsmerkmal beschrieben. Somit wird auch die Grundgesamtheit einer statistischen Analyse festgelegt.

Anschließend werden allgemein Berechnungsmodelle zur Bestimmung von Mindest-Stichprobengrößen bei der Untersuchung von Abfällen beschrieben und bewertet. In den Kapiteln 3 und 4 wird das Mengenaufkommen sowie die Variabilität von elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAG) in der Bundesrepublik Deutschland prognostiziert. Dies dient als Basis für die erste Abschätzung von Mindeststichprobenumfängen für die vorliegende Fragestellung je Sammelgruppe, um im Folgenden den Aufwand von Stichprobenuntersuchungen abzuschätzen.

Im praktischen Untersuchungsteil werden die Methoden

- Haushaltsbefragung
- Hochrechnung auf Basis von Herstellerangaben

- Sichtung
- Sortierung

hinsichtlich ihrer Eignung und Praktikabilität zur Bestimmung der individuellen Produktverantwortung vergleichend bewertet. Für die hinsichtlich der praktischen Durchführbarkeit positiv bewerteten Methoden wurden im praxisnahen Modellversuch sortierspezifische Leistungsdaten erhoben. Durch Verknüpfung dieser Leistungsdaten mit realen Kostenansätzen wurde eine ökonomische Bewertung dieser Methoden zur Feststellung der individuellen Herstellerverantwortung erstellt und bewertet. Im Ergebnis dieser Untersuchungen und Bewertungen wurden Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung des §14, Absatz 5 ElektroG abgeleitet.

2.2. *Umsetzung der Produktverantwortung im ElektroG*

2.2.1. Konzept der Produktverantwortung

Das Konzept der Produktverantwortung (auch: Herstellerverantwortung, englisch: Extended Producer Responsibility) wird sowohl in Deutschland als auch auf internationaler Ebene in unterschiedlichen Ausprägungen und Zusammenhängen verwendet. Das gemeinsame Merkmal dieser unterschiedlichen Ansätze ist, Herstellern die Verantwortlichkeit für Rücknahme und Entsorgung ihrer Produkte zu übertragen. Nach Definition der OECD ist die Produktverantwortung ein Ansatz der Umweltpolitik, bei dem die physische und/oder finanzielle Verantwortung eines Herstellers auf den post-konsumtiven Teil des Lebenszyklus eines Produktes ausgedehnt wird [OECD, 2001].

Durch diesen Mechanismus soll Herstellern ein Anreiz gegeben werden, abfallwirtschaftliche Belange schon in der Phase der Produktgestaltung zu berücksichtigen. Insbesondere sollen Anreize zu Abfallvermeidung und zu schadstoffarmer sowie verwertungsfreundlicher Produktgestaltung gegeben werden. Dabei setzt die Herstellerverantwortung das Verursacher- und das Vorsorgeprinzip mit einem flexiblen, marktwirtschaftlichen und anreizorientierten Ansatz um (vgl. [OECD, 2001]).

Nachdem bereits in der Abfallgesetzgebung der 1970er und 80er Jahre erste Vorläufer des Konzepts zu erkennen waren, taucht der Begriff der Produktver-

antwortung im deutschen Abfallrecht im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz von 1994 erstmals auf (vgl. [Thomsen, 1998]). In § 22 ff. KrW-/AbfG werden Inhalte und Anforderungen der Produktverantwortung definiert. Demnach trägt Produktverantwortung grundsätzlich, „wer Erzeugnisse entwickelt, herstellt, be- und verarbeitet oder vertreibt“. Produktverantwortung beinhaltet unter anderem den vorrangigen Einsatz sekundärer Rohstoffe, die Kennzeichnung schadstoffhaltiger Erzeugnisse, Kennzeichnung bezüglich Rückgabe-, Wiederverwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten oder -pflichten, Rücknahme nach Gebrauch sowie Verwertung und Beseitigung (§ 22 KrW-/AbfG). Aufgrund §§ 22ff. des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) können Rechtsverordnung zur Umsetzung der Produktverantwortung für spezifische Produkte erlassen werden. Ein prominentes Beispiel einer solchen Rechtsverordnung ist die Verpackungsverordnung von 1998, die international starke Beachtung fand (vgl. [Thomsen, 1998]).

Auch auf internationaler Ebene wurde das Konzept der Produktverantwortung umfassend diskutiert und weiterentwickelt. So führte die OECD seit 1994 verschiedene Projekte zur Definition, Weiterentwicklung und Anwendung der Produktverantwortung durch. Im Jahr 2001 wurden die Ergebnisse in „Extended Producer Responsibility – A Guidance Manual for Governments“ zu einem umfassenden Leitfaden zusammengetragen [OECD, 2001] (siehe hierzu auch Textkasten). Es folgten weitere Arbeiten, beispielsweise zu den ökonomischen Aspekten der Produktverantwortung [OECD, 2004] oder zur Abschätzung von Kosten und Nutzen des Konzepts [OECD, 2005].

Nach Definition des „**Guidance Manual**“ der OECD ist Produktverantwortung ein Politikansatz, bei dem die Verantwortlichkeit eines Herstellers für seine Produkte auf die post-konsumtive Produktlebensphase ausgeweitet wird. Die beiden Kerneigenschaften der Produktverantwortung sind:

- (1) Die vollständige oder teilweise Übertragung physischer und/oder finanzieller Verantwortung von den Kommunen auf die Hersteller („upstream“)
- (2) Die Schaffung von Anreizen für umweltfreundliches Produktdesign auf Seiten der Hersteller

Dabei wird die ganze Produktkette des Herstellers betrachtet – sowohl „upstream“ als auch „downstream“. Die Anwendung des Konzepts soll den Her-

steller zu einer Internalisierung der Umwelt-Externalitäten der Abfallentsorgung seiner Produkte veranlassen und somit letztendlich zu Abfallvermeidung, verstärktem Einsatz von Sekundärrohstoffen sowie einer gesteigerten Ressourceneffizienz führen.

Das „**Guidance Manual**“ beschreibt Definition und Wirkungsweise der Produktverantwortung und diskutiert verschiedene Ansätze und Instrumente zu ihrer Umsetzung. Außerdem werden die Rollen unterschiedlicher Akteure, handels- und kartellrechtliche Aspekte, sowie spezielle Themenbereiche wie Trittbrettfahrer, Waisenprodukte und historische Produkte diskutiert. [OECD, 2005]

2.2.2. Individuelle Herstellerverantwortung

Die *Individuelle Herstellerverantwortung* ist eine besondere Ausprägung der Produktverantwortung, bei der die Hersteller finanziell und/oder organisatorisch für ihre *eigenen* Produkte bzw. die Abfälle aus ihren eigenen Produkten verantwortlich sind [Lindhqvist & Lifset, 2003]. Im Gegensatz dazu sind die Hersteller bei Systemen der *Kollektiven Herstellerverantwortung* für einen bestimmten Anteil der Gesamtmenge von Altprodukten bzw. Abfällen verantwortlich, der aber nicht aus ihren eigenen Produkten bestehen muss. Dieser Anteil kann z.B. abhängig von Marktanteilen berechnet werden.

Dabei muss individuelle Herstellerverantwortung jedoch nicht zwangsläufig mit herstellerindividuellen Rücknahme- und Behandlungssystemen einhergehen, da individuelle Finanzverantwortung u. U. auch in kollektiven Systemen wahrgenommen werden kann. Außerdem gibt es weitere Elemente der Herstellerverantwortung, die individuell wahrgenommen werden können, z.B. haftungsrechtliche, kennzeichnungs- oder informationsbezogene Herstellerverantwortung [van Rossem et al., 2006].

Systeme der individuellen Herstellerverantwortung gelten als besonders geeignet, ökologisch vorteilhafte Veränderungen der Produktgestaltung zu bewirken (vgl. [Lindhqvist & Lifset, 2003], [van Rossem et al., 2006]). Als Grund wird angegeben, dass in kollektiven Systemen der Nutzen aus Investitionen in verwertungsfreundliches Produktdesign sozialisiert wird und somit nur ein geringer

Anreiz zu solchen Investitionen besteht. Ist ein Hersteller dagegen für seine eigenen Produkte finanziell verantwortlich, kommt ihm auch der gesamte Nutzen von Investitionen in verwertungsfreundliche Produktgestaltung zugute [Utermöhlen & Gotthardt, 2005]. Als erfolgreiches Beispiel für ökologisch vorteilhafte Änderungen der Produktgestaltung bei EAG durch individuelle Systeme wird Japan genannt, wo individuelle Herstellerverantwortung für einige Gerätarten umgesetzt ist: So haben z.B. Hersteller wie NEC, Hitachi, Fujitsu, Matsushita und Sony aufgrund der besseren Recyclingeigenschaften Kunststoffgehäuse bei Fernsehern und PCs durch Magnesiumlegierungen ersetzt [van Rossem *et al.*, 2006].

Es ist allerdings fraglich, inwiefern solche Vorteile der individuellen Herstellerverantwortung in der Praxis tatsächlich verwirklicht werden können. Es ist auch zu prüfen, ob die Kosten individueller Systeme, z.B. für Sortierung und Logistik, den ökologischen Nutzen solcher Systeme nicht überwiegen (vgl. [Lindhqvist & Lifset, 2003], [Veerman, 2004]).

2.2.3. Produktverantwortung in der RL 2002/96/EG

Die Richtlinie 2002/96/EG des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates vom 27. Januar 2003 über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE-Richtlinie) benennt Verantwortung hinsichtlich Produktdesign, Rücknahme und Entsorgung, Finanzverantwortung sowie Kennzeichnungs- und Informationsverantwortung. Unter anderem sind folgende Regelungen der Produktverantwortung für Altgeräte aus privaten Haushalten aufgeführt:

- Art. 5 (2b): Die Vertreiber von Elektrogeräten können zur kostenlosen ‚Zug-um-Zug‘ Rücknahme eines Altgeräts bei Abgabe eines gleichwertigen neuen Produkts verpflichtet werden.
- Art. 5 (2c): Hersteller können individuelle und/oder kollektive Rücknahmesysteme einrichten und betreiben.
- Art. 8 (1): Hersteller müssen *mindestens* die Sammlung, Behandlung und Verwertung der bei Rücknahmestellen abgegebenen Elektroaltgeräte aus privaten Haushalten finanzieren.

- Art. 8 (2): Für neue Altgeräte ist jeder Hersteller für die Finanzierung der Entsorgung des durch seine *eigenen Produkte*¹ anfallenden Abfalls verantwortlich. Diese Verpflichtung kann wahlweise individuell oder durch Beteiligung an einem kollektiven System erfüllt werden.
- Art. 8 (3): Für historische Altgeräte gilt: Die Verantwortung für die Finanzierung der Entsorgungskosten soll von Systemen getragen werden, an denen alle zum Zeitpunkt des Kostenanfalls auf dem Markt befindlichen Hersteller anteilmäßig beitragen.

Die Richtlinie 2002/96/EG stellt es den Herstellern somit weitgehend frei, ihre Verantwortung zur Sammlung und Verwertung von Elektroaltgeräten individuell oder kollektiv wahrzunehmen. Individuelle Elemente werden aber durchaus deutlich, so z.B. in Art. 8 (2) (vgl. auch [Lindhqvist & Lifset, 2003]). Außerdem steht es den Mitgliedsstaaten offen, eine sehr weitgehende Herstellerverantwortung umzusetzen (vgl. Art. 8, Abs. 1 der WEEE-Richtlinie: „mindestens“ die Sammlung ab kommunalen Rücknahmestellen muss finanziert werden, weitergehende Sammlungspflichten sind also möglich).

2.2.4. Geteilte Produktverantwortung im ElektroG

Nach § 1 ElektroG legt das ElektroG Anforderungen an die Produktverantwortung nach § 22 KrW-/AbfG fest (s.o.). Dabei wurde im ElektroG das Prinzip der *geteilten Produktverantwortung* umgesetzt: öffentlich-rechtliche Entsorgungs träger sind für die Einrichtung kommunaler Sammelstellen zuständig, bei denen Elektroaltgeräte aus privaten Haushalten entgeltfrei abgegeben werden können (§ 9 Abs. 3 ElektroG) und in fünf Sammelgruppen bereitgestellt werden (§ 9 Abs. 4 ElektroG). Die Hersteller sind verantwortlich für die Abholung der Sammelcontainer und die Verwertung bzw. Beseitigung der Altgeräte (§ 10 Abs. 1 ElektroG). „Die Rücknahme bezieht sich auf die Gerätegruppe nach § 9 Abs. 4, in der sich Geräte befinden, die vom jeweiligen Hersteller vertrieben werden. Der Rücknahmepflicht unterliegen alle im jeweiligen Behältnis der entsprechenden Gruppe befindlichen Geräte. Mit der Rücknahme dieser Geräte wird der

¹ Dabei wird jedoch offen gelassen, ob tatsächlich die Entsorgung der jeweiligen Geräte der eigenen Marke finanziert werden muss, oder ob auch ein in Menge und Qualität äquivalenter Anteil der gesamten Altgerätemenge zulässig ist. Letzteres wäre leichter umzusetzen aufgrund schwankender Gerätelebensdauern und Marktzyklen der Hersteller.

eigenen Produktverantwortung entsprochen“ (vgl. auch Begründung zum ElektroG).

Tabelle 1: Verantwortlichkeiten im Rahmen der geteilten Produktverantwortung für Elektro- und Elektronikaltgeräte aus privaten Haushalten nach ElektroG (Auswahl)

	Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger	Hersteller
Verantwortung	<ul style="list-style-type: none"> - Einrichtung kommunaler Sammelstellen - Information der Bürger - Entgeltfreie Annahme der Altgeräte - Bereitstellung der Altgeräte in fünf Sammelgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bereitstellung der Sammelcontainer - Abholung der Container - Verwertung und Beseitigung der Altgeräte - Einhaltung von Verwertungsquoten und -standards - Informationspflicht bzgl. Mengen und Verwertungsquoten

Hintergrund der geteilten Produktverantwortung ist die effiziente Nutzung der in Deutschland vielerorts existierenden kommunalen Sammelinfrastruktur (vgl. [Koller et al., 2006]). Hersteller können jedoch nach § 9 Abs. 8 ElektroG freiwillig Altgeräte zurücknehmen und dadurch Ihre Rücknahmepflicht aus § 10 Abs. 1 ElektroG reduzieren.

Darüber hinaus wurde Kommunen zum Schutz bestehender Systeme die Möglichkeit eingeräumt, die gesamten Altgeräte einer Sammelgruppe von der Bereitstellung für und Abholung durch die Hersteller für jeweils ein Jahr auszunehmen (§ 9 Abs. 6 ElektroG). Dieser Vorgang wird als „*Eigenvermarktung*“ bezeichnet und schließt die Pflicht der ordnungsgemäßen Verwertung und Beseitigung sowie den Nachweis von Quoten nach §§ 11 und 12 ElektroG ein.

Hingegen können nach § 10 Abs. 2 ElektroG für neue Altgeräte anderer Nutzer als privater Haushalte die Hersteller die Verantwortung auf die Nutzer übertragen. Dabei können die örE als Wettbewerber im privaten Entsorgungsmarkt teilnehmen.

Die Umsetzung der Herstellerverantwortung ist wegen der besonderen Marktstruktur im Elektro(nik)gerätebereich ausgesprochen komplex. Die hohe Anzahl

von Herstellern, die Menge und Unterschiedlichkeit der Produkte, der unterschiedlich lange Lebenszyklus dieser Geräte, sowie der große Kreis Betroffener und Beteiligter ist von besonderer Relevanz. In diesem Sinne erfolgen die Registrierung der Hersteller und die Koordinierung der Altgeräte-Abholung zentral. Ein mit den hoheitlichen Aufgaben beliehenes **Zentrales Register** und eine von den Herstellern finanzierte, privatwirtschaftlich organisierte und staatlich beliebte **Gemeinsame Stelle** wurden in Form der Stiftung „Elektro-Altgeräte Register“ (EAR) gegründet.

Die Gemeinsame Stelle (EAR) hat die Aufgabe, die Verpflichtungen jedes einzelnen Herstellers/Importeurs/Erstverkehrbringers festzustellen, deren Erfüllung zu überwachen und ggf. durchzusetzen. Die Stiftung EAR sorgt auf Basis des ElektroG für die Festlegung der dafür notwendigen Regeln. Diese Aufgabe umfasst im Wesentlichen (Informationen der Internetseite der EAR „Fragen und Antworten Stiftung Elektro-Altgeräte Register“, Stand: 21. Juli 2005)²:

1. Registrierung der Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten und Erfassung der dazu notwendigen Daten (§ 16 Abs. 2 ElektroG),
2. Entgegennahme der Anmeldung der Übergabestellen durch örE (§ 9 Abs. 5 Satz 5 ElektroG),
3. Entgegennahme von Mengenmeldungen (§ 13 Abs. 1 und 4 ElektroG),
4. Berechnung der Menge der von jedem registrierten Hersteller bei den örE abzuholenden Altgeräte (§ 14 Abs. 5 ElektroG),
5. Anordnung, örE die erforderliche Menge an Behältnissen zur Verfügung zu stellen unter Berücksichtigung der Berechnungen nach Nr. 4 (§ 9 Abs. 5 Satz 4 ElektroG),
6. Anordnung zur Abholung der bereitgestellten Behältnisse unter Berücksichtigung der Berechnungen nach Nr. 4 (§ 16 Abs. 5 ElektroG),
7. Veröffentlichung der registrierten Hersteller sowie deren Geräteart und Registrierungsnummer im Internet (§ 14 Abs. 2 ElektroG),
8. Berichterstattung an das Umweltbundesamt (§ 14 Abs. 7 und 8 ElektroG)

² http://www.stiftung-ear.de/stiftung_ear/fragen_und_antworten/stiftung_elektro_altgeraete_register/ gelesen am 26.04.2007

Aus der unterschiedlichen finanziellen und organisatorischen Verantwortung für EAG ergibt sich eine physische Aufteilung der Abfallströme auf verschiedene Subsysteme für die Entsorgung von Altgeräten (siehe Abbildung 1):

1. Sammlung und Bereitstellung von B2C-Geräten durch Kommunen und Abholung und Entsorgung durch den Hersteller
2. Sammlung und Entsorgung von B2C-Geräten durch Kommunen nach § 9 Abs. 4 ElektroG
3. Eigenrücknahme und Entsorgung von B2C & B2B-Geräten durch den Hersteller oder Vertreiber
4. Gewerbliche Sammlung und Entsorgung von B2B_Geräten
5. Eigenanlieferung der Endnutzer von B2B-Geräten

Zwar ergibt sich aus dem ElektroG eine Pflicht zur getrennten Sammlung von EAG, dennoch werden Teilströme über nicht zulässige Sammelsysteme erfasst, u. a. über die kommunale Restmüllsammlung oder über nicht kommunale oder herstellergetragene gewerbliche Schrottsammlung. Diese Mengenströme sind nicht Bestandteil der Herstellerverantwortung nach ElektroG. Weiterhin ist aufgrund der langen Lebensdauer von vielen Geräten die Lagerbildung relevant. Auch „Reuse“ und „Export“ sind Aktivitäten, die gegebenenfalls außerhalb der Verantwortung der Hersteller stehen. Abbildung 1 zeigt die wesentlichen Systemkomponenten bei der Umsetzung der Herstellerverantwortung sowie die Zuordnung von Elektro- und Elektronikgeräten zu Kategorien, Sammelgruppen und Gerätearten. Es wird deutlich, dass sich das Marktpotenzial (in Verkehr gebrachte Menge) von der Teilmenge unterscheidet, auf die sich die Herstellerverantwortung bezieht.

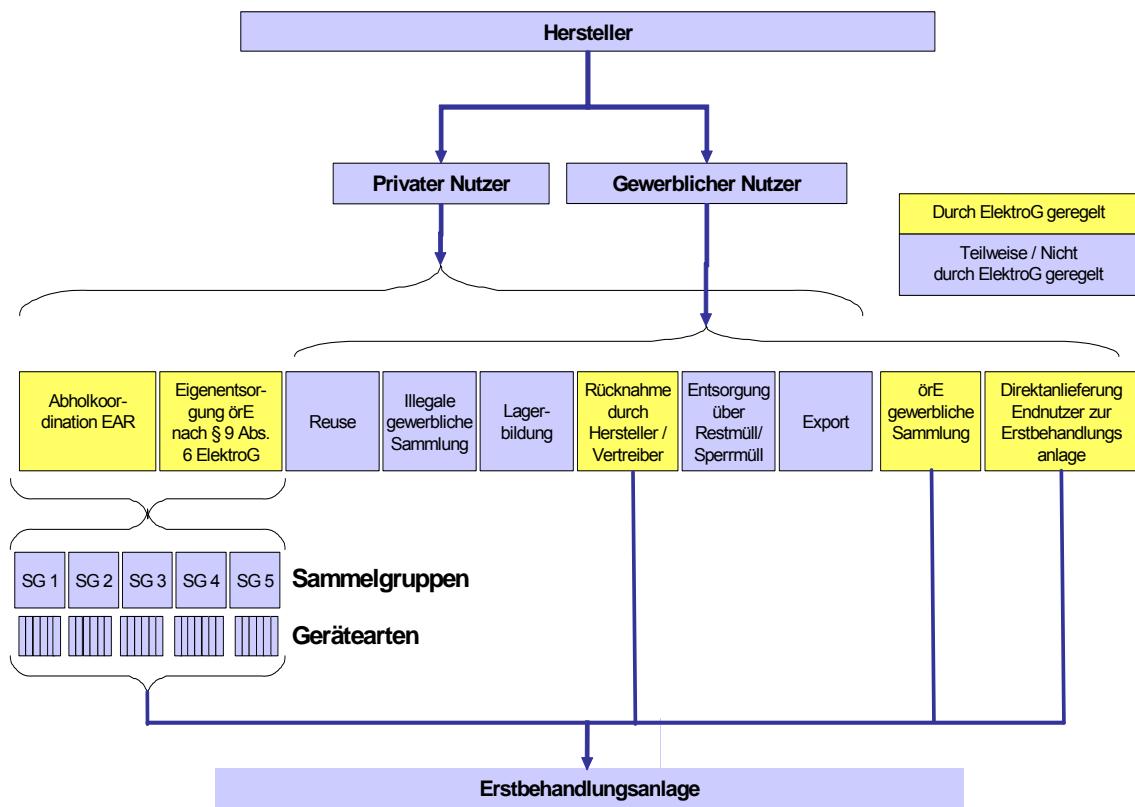


Abbildung 1: Entsorgungswege in Deutschland anfallender Elektro- und Elektronik Altgeräte privater und gewerblicher Nutzer

Über die Einteilung und Zusammenfassung von EAG in Gerätearten werden *de facto* Herstellerkollektive gebildet, da sie jeweils eine Anzahl verschiedener Hersteller zusammenfassen. Die Festlegung individueller finanzieller und organisatorischer Verpflichtungen für Altgeräte aus privaten Haushalten innerhalb dieser Herstellerkollektive ist im weiteren Gegenstand dieses Forschungsberichtes.

2.3. Festlegung der Abholkoordination

An der Schnittstelle zwischen der kommunalen Verantwortung für die Sammlung und der individuellen finanziellen Verantwortung der Hersteller stellt die „Gemeinsame Stelle“ (= Stiftung EAR) den Umfang der Verpflichtung jedes einzelnen Herstellers/Importeurs/Erstverkehrbringens innerhalb des kollektiven Sammelsystems fest. Diesen Vorgang nennt man „*Abholkoordination*“. Er bezieht sich nur auf diejenige Teilmenge der getrennt gesammelten B2C-Geräte, für die die Kommunen keine Eigenvermarktung übernommen haben oder die nicht anderweitig im Auftrag der Hersteller zurückgenommen werden.

Die Abholkoordination dient dazu, von den örE gesammelte und an Übergabestellen in Gruppen bereitgestellte Altgeräte den Herstellern entsprechend den Vorgaben in § 14 Abs. 5 und 6 ElektroG zur Abholung zuzuweisen. Daraus ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Informations- und Güterfluss zwischen Herstellern, Gemeinsamer Stelle, öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern und Entsorgern.

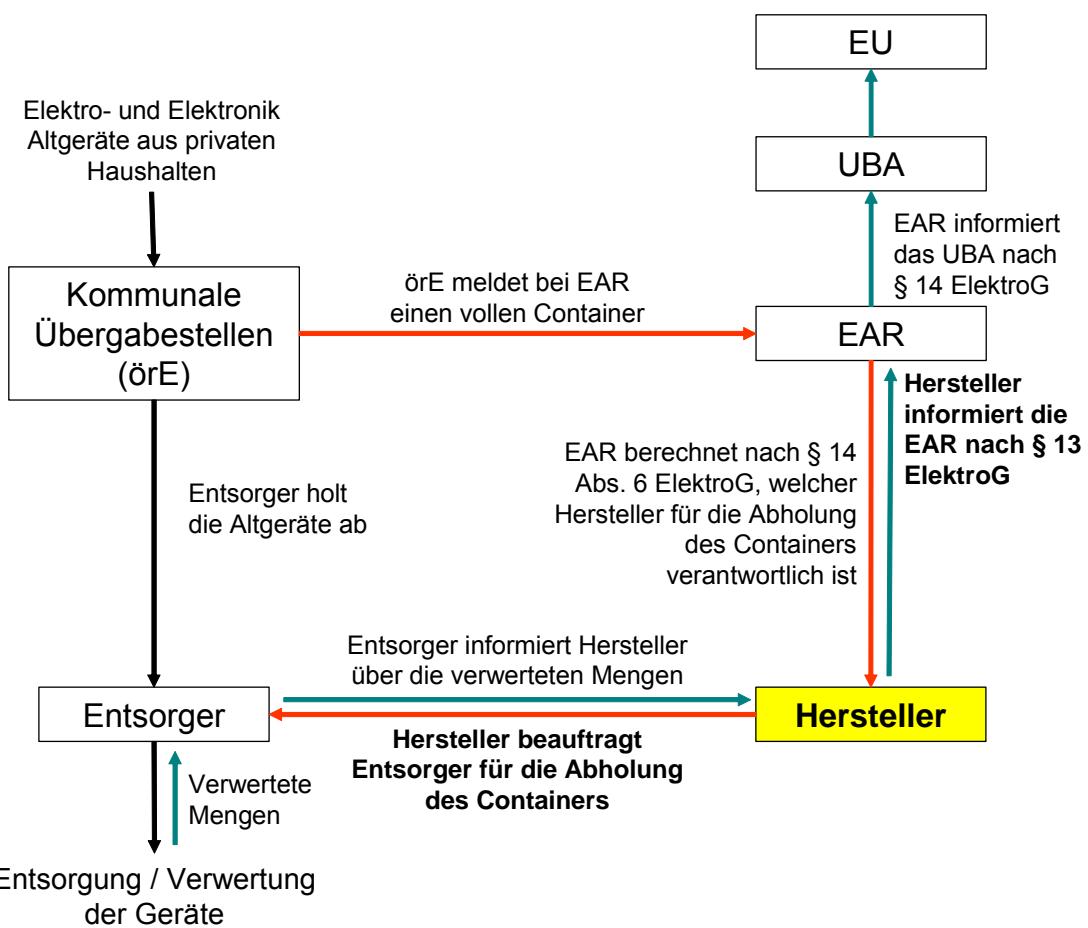


Abbildung 2: Informations- und Güterfluss bei der Entsorgung der von den örE bereit gestellten Containern im Rahmen der Abholkoordination

Die Gemeinsame Stelle berechnet die Menge der von jedem registrierten Hersteller bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern abzuholenden Altgeräte und meldet die Berechnung der zuständigen Behörde. Für die vor dem 23. November 2005 in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte berechnet

sich die Verpflichtung jedes Herstellers nach seinem Anteil an der gesamten im jeweiligen Kalenderjahr in Verkehr gebrachten Menge an Elektro- und Elektronikgeräten pro Geräteart.

Für die ab dem 23. November 2005 in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte berechnet sich die Verpflichtung nach Wahl des Herstellers nach

1. dem von ihm durch Sortierung oder nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden nachgewiesenen Anteil seiner eindeutig identifizierbaren Altgeräte an der gesamten Altgerätemenge pro Geräteart
oder
2. seinem Anteil an der gesamten im jeweiligen Kalenderjahr in Verkehr gebrachten Menge an Elektro- und Elektronikgeräten pro Geräteart.

Demnach kann die individuelle Verpflichtung eines Herstellers zur Rücknahme von Geräten aus privaten Haushalten nach zwei unterschiedlichen Maßstäben bemessen werden: „anteilig“ nach der in Verkehr gebrachten Menge je Geräteart oder anhand des tatsächlichen Anteils an der gesamten Altgerätemenge je Geräteart (vgl. Abbildung 3). Hersteller können zwischen beiden Bemessungsverfahren wählen.

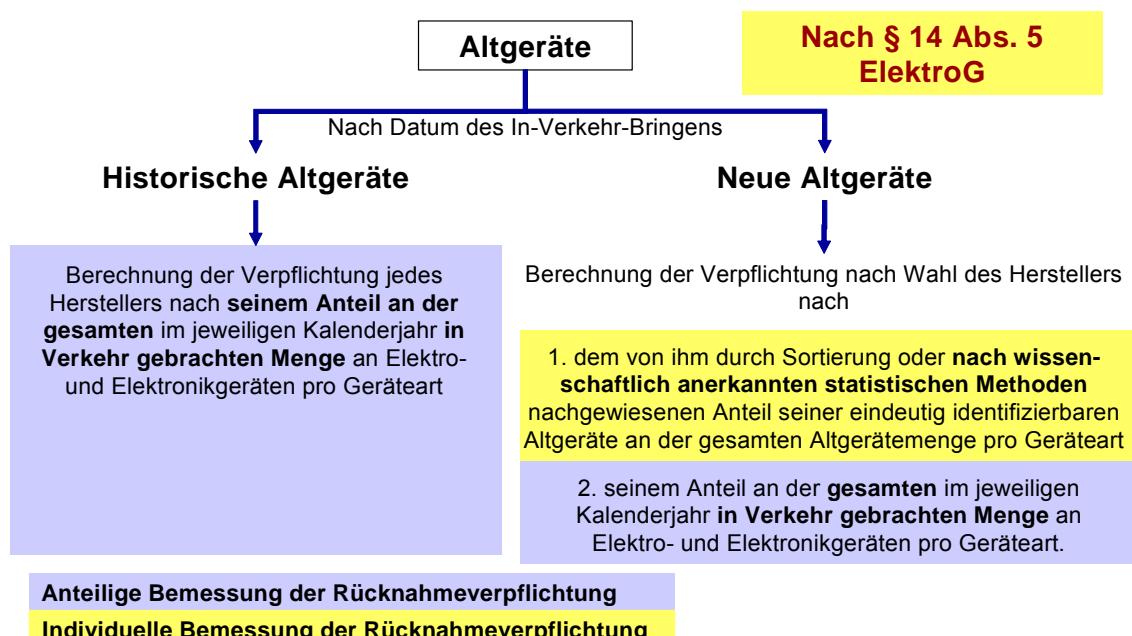


Abbildung 3: Maßstäbe für die Bemessung der Rücknahmeverpflichtung eines Herstellers

Die Abholverpflichtung bezieht sich auf die zur Abholung bereitgestellten Altgeräte in Behältnissen (i. d. R. Container) einer Sammelgruppe. Ein Hersteller hat jeweils den gesamten bereitgestellten Container zurückzunehmen, auch wenn dieser Gerätearten enthält, die er nicht selbst herstellt.

Die Gerätearten werden durch die Produktgruppenbereiche bei der EAR festgelegt und sind in einem Verzeichnis der Gerätearten durch die EAR veröffentlicht.

Der Bemessungsmaßstab der Abholverpflichtung eines Herstellers ist die Geräteart, der seine Produkte zugeordnet sind und darin der Anteil an dieser Geräteart im Altgerätepool im Sammelcontainer. Die Verteilung nach Gerätearten im Sammelcontainer wird durch statistische Untersuchungen der EAR ermittelt.

Da alle Geräte aus gewerblichen Anwendungsbereichen nicht unter die Abholkoordination der EAR fallen, fallen nicht alle Gerätearten unter die Fragestellung. Eine Übersicht der relevanten Gerätearten zeigt die Tabelle 20 im Anhang A. Für die 10 Produktgruppenbereiche ist die Einteilung in Gerätearten unterschiedlich tief differenziert. Die Gerätearten „für ausschließlich gewerbliche Nutzung“ (B2B-Geräte) sind für Ermittlung der Abholverpflichtung der Hersteller von B2C-Geräten im Rahmen der EAR-Abholkoordination der EAR nicht relevant.

Für die Ermittlung der individuellen Abholverpflichtungen der Hersteller von B2C-Geräten muss die EAR nach § 14 Abs. 6 ElektroG eine wissenschaftlich anerkannte Berechnungsweise veröffentlichen, die durch Gutachten eines unabhängigen Sachverständigen bestätigt wurde (siehe hierzu Internetseite der EAR „Veröffentlichung der Berechnungsweise der Abholkoordination“³). Diese hat die EAR am 23. November 2005 veröffentlicht⁴.

³ http://www.stiftung-ear.de/hersteller/veroeffentlichung_der_berechnungsweise_der_abholkoordination/

⁴ http://www.stiftung-ear.de/www.stiftung-ear.de/content/e47/e1044/e1055/051123Berechnungsweise_ger.pdf

2.3.1. Berechnung über den Anteil der in Verkehr gebrachten Menge

Die veröffentlichte Berechnungsweise bezieht sich lediglich auf die „anteilige“ Rücknahme (bezogen auf Marktanteile), da es sich zu Beginn der Abholpflicht bei den EAG fast ausschließlich um Alt-Altgeräte handeln dürfte.

Dieses Verfahren umfasst zwei Schritte [EAR, 2005]:

1. Ermittlung des Anteils des Herstellers an der gesamten in Verkehr gebrachten Menge pro Geräteart. Hierbei ist der Absatzanteil relevant. Dies ist die Menge (Gewicht, ggf. Stückzahl) an Geräten einer Geräteart, die ein Hersteller in Deutschland in Verkehr bringt, in Bezug auf die Menge aller Geräte aller Hersteller derselben Geräteart. Im Gegensatz dazu ist der Marktanteil der Umsatz eines Herstellers in einem Marktsegment.
2. Ermittlung des Anteils einer Geräteart am Inhalt der jeweiligen Sammelgruppe. Dazu werden „voll“ gemeldete Container vor ihrer Entsorgung nach vorgegebenen Sortierregeln auf ihre tatsächliche Zusammensetzung hin untersucht.

Hieraus wird die jeweilige Verpflichtung eines einzelnen Herstellers berechnet. Nach der „Voll“-Meldung eines Containers einer Sammelgruppe durch den örE bei der EAR erhält jeweils der Hersteller mit der höchsten Abholverpflichtung in dieser Sammelgruppe eine Abholanordnung. Meldet der Hersteller der EAR die Abholung und Verwertung der Eigenrücknahmen nach § 13 (1) Nr. 3 ElektroG, reduziert sich seine Verpflichtung zur Abholung von örE-Mengen um die entsprechende Menge.

Sortieranalysen sind durch die EAR im Laufe des Jahres 2006 durchgeführt worden, um die Zusammensetzung einzelner Sammelgruppen nach Geräteart statistisch abgesichert festzustellen. Untersuchungsmethode und Ergebnisse wurden nicht veröffentlicht. Die veröffentlichte Berechnungsweise enthält keine Hinweise über die notwendige Häufigkeit der Aktualisierung dieser Untersuchungsergebnisse.

2.3.2. Bestimmung individueller Anteile an der Altgerätemenge

Die in § 14 Abs. 5 Nr. 1 geforderte „Sortierung“ und die „wissenschaftlich anerkannten statistischen Methoden“ zur Bestimmung der individuellen Anteile an der Altgerätemenge sind Gegenstand dieses Forschungsberichtes.

Der Gesetzestext des ElektroG spezifiziert nicht näher, in welcher Form diese Methoden festgelegt werden. Die Rücknahmeverpflichtung bezieht sich auf den **Anteil** der Geräte eines Herstellers an der **gesamten** Altgerätemenge pro Gerätart unabhängig vom ihrem In-Verkehr-Bringen. Dagegen besagt § 14 Abs. 5 Satz 3, dass die Wahloption über das Berechnungsverfahren sich nur auf die „neuen“ Altgeräte bezieht. Aus diesem Satz ergibt sich, dass unabhängig vom tatsächlichen individuellen Anteil im Abfall eine kollektive Verantwortung aller Hersteller (je Gerätegruppe) für historische Altgeräte besteht.

Offen bleibt dabei die Frage, wer bei Anwendung des individuellen Ansatzes die finanzielle Verantwortung für die Fremdanteile in einem Container einer Sammelgruppe übernimmt. Für nicht sortier- oder identifizierbare Altgeräte gilt entsprechend § 14 Abs. 5 die kollektive Verantwortung auf Basis von Markanteilen entsprechend § 14 Abs. 5 Satz 2. Daher muss ihr Anteil auch bestimmt werden.

Auf der Internetseite der EAR findet sich zur Umsetzung dieses Paragraphen folgender Hinweis⁵:

"Wie ist der Nachweis nach § 14 Abs. 5 Satz 3 Nr. 1 ElektroG über den Anteil der eindeutig identifizierbaren Altgeräte eines Herstellers an der gesamten Altgerätemenge zu erbringen?

Durch Sortierung, d.h. *Aussortierung* aller identifizierbaren Geräte eines Herstellers *an allen Übergabestellen* bundesweit und *Abholung* dieser Altgeräte durch den Hersteller.“

⁵ http://www.stiftung-ear.de/stiftung_ear/fragen_und_antworten/abholkoordination/#fragen279
(Stand 23.8.2006, zuletzt gesehen 26.4.2007)

Wie Sortierung und Abholung praktisch erfolgen sollen, wird auf der Internetseite der EAR nicht erklärt. Durch den dadurch verursachten logistischen Aufwand ergibt sich die Frage nach der Anwendbarkeit der Methode.

Abbildung 4 fasst die Teilmengen eines bereitgestellten Containers sowie die Bemessungsgrundlage der Abholverpflichtung nach § 14 Abs. 5 Nr. 1 ElektroG zusammen.

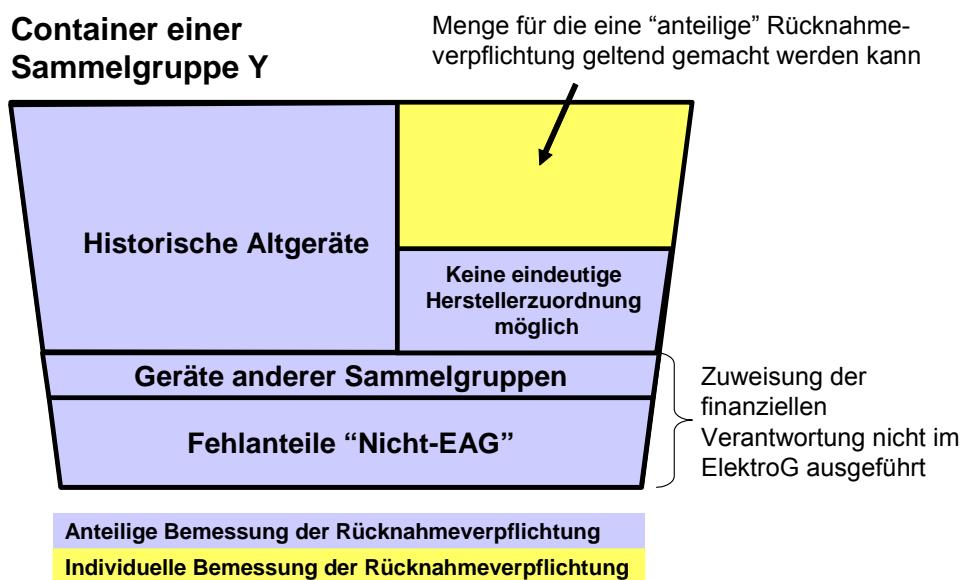


Abbildung 4: Bemessungsgrundlage für die Berechnung der Rücknahmeverpflichtung für Teilmengen eines Sammelcontainers bei Anwendung von § 14 Abs. 5 Nr. 1 ElektroG

2.4. Bemessung der individuellen Produktverantwortung gemäß nach § 14 Abs. 5 Satz 3 Nr. 1 ElektroG

Die Grundfrage der vorliegenden Untersuchung kann wie folgt zusammengefasst werden:

„Welchen Anteil hat Hersteller x an den anfallenden „neuen“ EAG der Gerätart y (der Sammelgruppe z) zugeordnet?“

Auf dieser Basis können die Grundgesamtheit, d.h. die Gesamtheit aller Untersuchungsobjekte sowie die Untersuchungsmerkmale für die Analyse definiert

werden. Um eine sinnvolle Erhebungseinheiten festzulegen, d.h. die kleinste Einheit, die für die Untersuchung ausgewählt und auf die Erhebungsmerkmale hin untersucht werden kann, ist es weiterhin notwendig, Anfallorte und Sammelbehältnisse aller Elemente der Grundgesamtheit zu definieren.

2.4.1. Definition der Grundgesamtheit

§14 (5) ElektroG Nr. 1 nimmt Bezug auf den **Anteil** eines Herstellers seiner eindeutig identifizierbaren Altgeräte an der **gesamten Altgerätemenge** pro Geräteart. Wie in Kapitel 2.3.2 erläutert, bezieht sich Rücknahmeverpflichtung nicht auf die **gesamte Altgerätemenge**. Es wird nur ein Subsystem der Entsorgung, die Mengen aus der Abholkoordination der EAR betrachtet. Diese werden in definierten Behältnissen gesammelt, die jeweils verschiedene Gerätearten zu Sammelgruppen zusammenfassen. Somit stehen die Bezugsgröße und der Anwendungsbereich dieser Methode im Widerspruch zueinander.

In Absprache mit dem Auftraggeber Umweltbundesamt wurde folgende Vereinfachung festgelegt. Die Grundgesamtheit der gesamten Altgerätemenge reduziert sich um den Anteil der B2B Geräte, da hier die Hersteller bzw. Endnutzer direkt für die Entsorgung verantwortlich sind. Die Abholkoordination betrifft die B2B Geräte nicht. Für B2C Geräte verteilt sich die gesamte Altgerätemenge auf drei Systeme: kommunale Sammlung der örE, eigene Rücknahme der Hersteller und Vertreiber und anderweitige Verwertung und Beseitigung mit anderen Abfallströmen als nach ElektroG erfasst (Restabfall oder gewerbliche Schrott-sammlung etc.). In diesen Fällen würden die Geräte unter die Definition von Abfall nach § 3 Abs. 1 KrW-/AbfG fallen und somit auch EAG im Sinne § 3 Abs. 3 ElektroG sein. Da der Hersteller mit der Erfassung und Verwertung von EAG mit eigenen Rücknahmesystemen direkt seine Rücknahmeverpflichtung aus der Abholkoordination reduziert, kann diese Teilmenge aus der Grundgesamtheit herausgenommen werden. Die Erfassung von EAG über „illegale“ Wege, wurde nicht in der Grundgesamtheit berücksichtigt⁶.

Weiterhin werden die Mengen, die von den Kommunen im Rahmen der Eigenvermarktung verwertet werden, nicht berücksichtigt. Damit reduziert sich die

⁶ Schriftliche Mitteilung des Umweltbundesamtes, Fr. Schnepel am 27.02.2007

Grundgesamtheit auf die zur Abholung bereitgestellten Container von B2C-Geräten an den Übergabestellen der Kommunen.

2.4.2. Definition Stichprobeneinheit der Probeentnahme

Aus pragmatischen Gründen kann die Stichprobeneinheit nur ein ganzer Container der betrachteten Sammelgruppe sein. Ansonsten ergibt sich das Problem der Probenahme aus einem heterogenen Schüttgut. Die unterschiedliche Gerätetröpfel sowie Dichteunterschiede in den Containerinhalten bewirken, dass sich z.B. die schwersten Geräte während des Transports tendenziell nach unten bewegen. Somit kann angenommen werden, dass eine repräsentative Probenahme aus einem Container nicht realisierbar ist.

Werden ganze Container als Stichprobeneinheit festgelegt, ist der Ort und Zeitpunkt der Probenahme zu klären. Möglicher Zugriff auf die Stichprobeneinheit besteht an folgenden Stellen:

- abholbereiter Container in der Übergabestelle (wenn alle Tätigkeiten mit dem Container – Auffüllen, dichter Beladung etc. abgeschlossen sind)
- Transport zwischen Übergabestelle und Erstbehandlungsanlage
- Eingang der Erstbehandlungsanlage (vor Beginn der abfallwirtschaftlichen Tätigkeiten)

Die Praktikabilität der Probenahme ist im Einzelfall zu klären.

2.4.3. Definition der Erhebungsmerkmale

Das Erhebungsmerkmal ergibt sich aus den Anforderungen des §14, Abs.5, Nr.1 ElektroG entsprechend dem „nachgewiesenen Anteil seiner eindeutig identifizierbaren Altgeräte an der gesamten Altgerätemenge pro Geräteart“. Da weiterhin noch die Verpflichtung für historische sowie nicht sortierbare bzw. identifizierbare Anteile auf Basis der in Verkehr gebrachten Menge besteht, müssen diese Anteile zusätzlich erhoben werden.

Wenn ein Container ausgewählt ist, kann die Sortierung erfolgen. Aus den rechtlichen Grundlagen wird für die Untersuchung ein fünfstufiger Prüfplan (vgl. Abbildung 5) vorgestellt:

1. Ist das Gerät ein EAG nach ElektroG und gehört es tatsächlich der Sammelgruppe z an?
2. Wurde das Gerät nach dem 23. November 2005 in Verkehr gebracht? (neues Altgerät)
3. Welcher Geräteart y wird das Gerät zugeordnet?
4. Ist das Gerät sortierbar oder der Hersteller identifizierbar?
5. Wurde das Gerät vom Hersteller x hergestellt?

Es sind jeweils Anteile in Gewichtsprozent zu bestimmen.

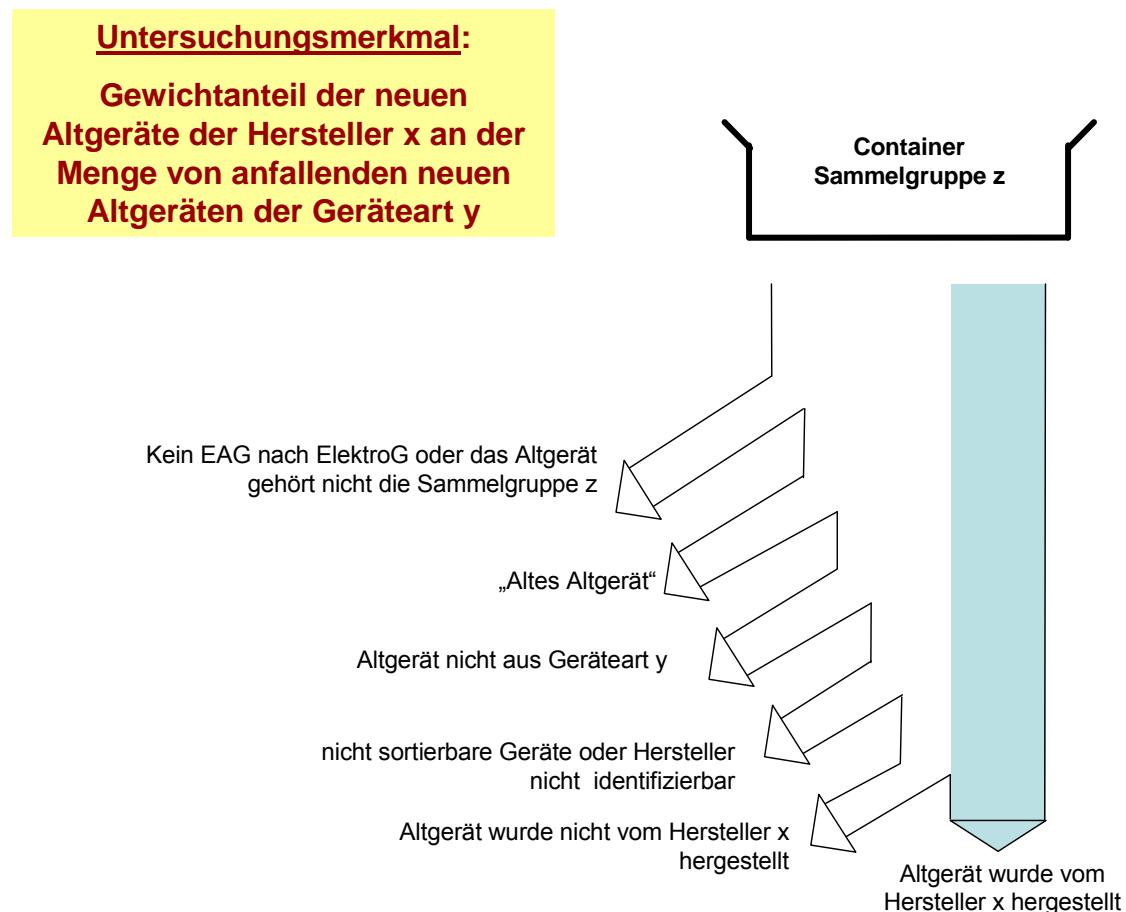


Abbildung 5: Sortierkriterien zur Feststellung individueller Anteil in Containern einer Sammelgruppe von Elektro- und Elektronikaltgeräten

3. Statistische Grundlagen zur Festlegung von Stichprobenumfängen für Abfalluntersuchungen

Stichprobenuntersuchungen dienen dazu, anhand der Merkmalsverteilung in einer Stichprobe die Merkmalsverteilung in der Grundgesamtheit zu schätzen. Damit der Schätzwert dem wahren Wert möglichst weitgehend entspricht, ist es notwendig, Zufallstichproben aus der Grundgesamtheit zu entnehmen. Dies sind Teile der Grundgesamtheit, die nach einem Zufallsprinzip entnommen werden und als stellvertretend und repräsentativ für die Grundgesamtheit angesehen werden [Sachs & Hederich, 2006].

Der Umfang einer solchen Untersuchung richtet sich nach den erforderlichen Genauigkeitsanforderungen. Während zu kleine Stichprobenumfänge evtl. falsche Ergebnisse zur Folge haben, verursachen zu große Stichprobenumfänge genaue Ergebnisse aber hohe Kosten.

In der Abfallwirtschaft werden Stichprobenuntersuchungen eingesetzt, um mit einem begrenzten Untersuchungsumfang Merkmale wie Abfallmenge oder Abfallzusammensetzung für unterschiedliche Fragestellungen zu bestimmen. Um Aussagen hinsichtlich der Anzahl notwendiger Stichprobenuntersuchungen zu treffen, gibt es unterschiedliche Ansätze. In den folgenden Kapiteln wird kurz auf den Hintergrund der einzelnen Ansätze eingegangen sowie deren ursprünglicher Anwendungsbereich erläutert. Anschließend wird die Übertragbarkeit auf die vorliegende Fragestellung sowie die damit verbundene Vor- und Nachteile dargelegt.

3.1.1. Merkblatt M4 „Bestimmung der Zusammensetzung fester Abfälle – Müllanalysen“ des VKF

1963 hat der Verband kommunaler Fuhrpark- und Stadtreinigungsbetriebe zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft für kommunale Abfallwirtschaft im Merkblatt M 4 eine mögliche Vorgehensweise zur Gewinnung einer durchschnittlichen Müllprobe veröffentlicht [Vkf, 1963]. Als Fragestellung für Anwendung dieses Merkblattes wird hierbei angesehen, Kenntnis über die Mülleigenschaften für die Planung von Müllverwertungsanlagen zu erhalten. Hier wird für die Analyse der Zusammensetzung von Abfällen eine pauschale Stichprobenmen-

ge von 1 % des im zu untersuchenden Zeitraum anfallenden Abfalls verwendet. Dieser pauschalen Stichprobenfestlegung für Abfalluntersuchungen haben sich in der Folge einige Autoren angeschlossen. Sie wird in Praxisuntersuchungen angewandt. Weiterhin wird eine Mindestprobenmenge von 1000 kg gefordert. Wendet man diesen Ansatz auf die vorliegende Fragestellung an, könnte festgelegt werden, dass folgender Ansatz untersucht werden soll.

$$n = 1\% \times N_x \text{ (Gleichung 1)}$$

n= Stichprobenmenge

N= Grundgesamtheit = Anzahl der Container pro Sammelgruppe pro Jahr

x= Index für Sammelgruppe

Diese Festlegung des Stichprobenumfangen berücksichtigt keine statischen Merkmalseigenschaften wie Variationskoeffizient und zulässiger relativer Fehler bzw. Konfidenzintervall.

3.1.2. Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 2/78K)

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) hat 1983 eine Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen veröffentlicht. In der Richtlinie werden Grundregeln für die Entnahme von Proben aus Abfällen und abgelagerten Stoffen gegeben (PN 2/78K) [LAGA, 1983]. Die dort getroffenen Regelungen betreffen feste, flüssige und schlammige Abfälle. Rechtliche Relevanz haben sie 1993 durch den Verweis im Anhang B der TA Siedlungsabfall erhalten. Der Anwendungsbereich sind jedoch nicht Sortieranalysen, sondern chemisch-physikalische Untersuchungen von Siedlungsabfällen.

Die Mindestanzahl der erforderlichen Einzelproben wird in dieser Richtlinie in Abhängigkeit des Aggregatzustandes für feste, flüssige und schlammige Abfälle festgelegt. Für feste Abfälle ist die Mindestanzahl der zu untersuchenden Abfallmenge angegeben (vgl. Tabelle 2)

Tabelle 2: Mindestanzahl der Einzelproben in Abhängigkeit der zu beprobenden Menge und der Korngröße [LAGA PN 2/78K].

Maximale Korngröße des Abfalls	Mindestanzahl der Einzelproben					
	aus bewegten Abfällen		aus ruhendem Abfall			
			in Fahrzeugen	in Lagern		
	bis 50 t	>50 t		bis 50 t	50-150 t	>150 t
> 20mm	5	1 je 10 t	3 je Wagen	5	1 je 10 t	15
< 20mm	3	3 je 50 t		3	3 je 50 t	8

Dabei ergibt sich das Mindestgewicht der Einzelproben aus Volumen bzw. dem Gewicht des größten Korns des Abfalls, aus dem die Proben entnommen wurden und kann näherungsweise nach folgender Formel ermittelt werden:

$$G \text{ (kg)} = 0,06 \times d \text{ (mm)} \quad (\text{Gleichung 2})$$

G Probengewicht der Einzelprobe
d Maximalkorngröße

Dieser Ansatz hinsichtlich der Probenmengen stammt aus der DIN 51 701 „Prüfung fester Brennstoffe - Probenahme und Probenvorbereitung - Teil 2: Durchführung der Probenahme“ und wird insbesondere für Kohlen angewendet. Dabei wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Vorgaben lediglich grundlegende Anforderungen beinhalten, welche je nach Zielsetzung und Heterogenität des zu beprobenden Mediums erheblich höher liegen können.

Da sich dieser Ansatz auf eine große Anzahl kleiner Stichproben bezieht, müssen bei Anwendung auf vorliegende Fragestellung einzelne Container beprobt werden. Da dies aus zuvor genannten Gründen nicht möglich ist, wird die Berechnungsmethode für einen Mindeststichprobenansatz nicht weiter berücksichtigt.

3.1.3. Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 98)

Die Richtlinie LAGA PN 98 (Stand: Dezember 2001) stellt die überarbeitete Richtlinie der LAGA PN 2/78K dar. Sie enthält ebenfalls Vorgaben zu Probennahmeverfahren und -strategien sowie zur Anzahl und Größe der zu entnehmenden Einzel-, Misch- und Sammelproben in Abhängigkeit von Grundmenge, Konsistenz, Teilchen- und Stückgrößenverteilung [LAGA PN 98].

Zusätzlich zu den in der LAGA PN 2/78K bereits beschriebenen Vorgehensweisen zur Bestimmung des nötigen Stichprobenumfangs wird eine Mindestanzahl für verpackte Abfälle in Gebinden [LAGA PN 98] bei mehr als 600 Gebinden mit einer Probe je 300 Gebinde plus einen pauschalen Zuschlag von 10 Proben angegeben. Dieser Ansatz ließe sich wie folgt auf die Mindestanzahl zu untersuchender Container übertragen:

$$n = \frac{N_x}{300} + 10 \quad (\text{Gleichung 3})$$

n= Stichprobenmenge

N= Grundgesamtheit = Anzahl der Container pro Sammelgruppe pro Jahr

x= Index für Sammelgruppe

3.1.4. Sächsische Richtlinie Abfallanalytik

Zur Vereinheitlichung der Abfallanalysen hat das Sächsische Landesamtes für Umwelt und Geologie 1998 die Sächsische Sortierrichtlinie herausgegeben. Die Richtlinie wendet sich an die örE. Siedlungsabfalluntersuchungen werden als Basis für Abfallwirtschaftskonzepte definiert. Die Vorgaben der Richtlinie sollen helfen, die Qualität abfallwirtschaftlicher Daten zu verbessern, da vergleichbare Zahlen mit einer definierten statistischen Sicherheit ermittelt werden [LfUG, 1998].

Ziel dieser Richtlinie ist es, über einen statistischen Ansatz Mindeststichprobenumfänge für Sortieranalysen festzulegen. Dabei werden für Hausmüllunter-

suchungen Stichprobeneinheiten von 1,1 m³ Containern definiert, da dies die maximale Containergröße für die Sammlung ist. Der Stichprobenumfang (Anzahl der Stichprobeneinheiten) wird in Abhängigkeit der gewünschten Genauigkeit (zulässiger relativer Fehler), der Heterogenität der Grundgesamtheit (Konfidenzintervall der t-Verteilung, Irrtumswahrscheinlichkeit) und des Variationskoeffizienten (natürliche Streuung innerhalb der Grundgesamtheit) angepasst. Unter der Annahme, dass die Untersuchungsmerkmale normalverteilt sind, ergibt sich für eine unbekannte Grundgesamtheit N:

$$n = \left(\frac{(t_{\alpha, n-1} \cdot v)}{e_{\text{rel}}} \right)^2 \quad (\text{Gleichung 4})$$

n: Anzahl der Stichproben

v: Variationskoeffizient [%]

e_{rel} : zulässiger relativer Fehler [%]

$t_{\alpha, n-1}$: Konfidenzintervall der t-Verteilung

Hierbei wird der zulässige relative Fehler durch die Genauigkeitsanforderung der Untersuchung festgelegt. Der Variationskoeffizient der Grundgesamtheit ist eine Art "Naturkonstante" [LfUG, 1998], der durch Voruntersuchungen (Pilotuntersuchungen) oder durch Daten vorhergegangener oder vergleichbarer Studien zu bestimmen ist. Der Konfidenzkoeffizient $t_{\alpha, n-1}$ aus der t-Verteilung mit n-1 Freiheitsgraden kann aus statistischen Tafelwerken abgelesen werden.

Für Untersuchungen, bei denen die Anzahl der Grundgesamtheit N bekannt ist, wird eine „Endlichkeitskorrektur“ berücksichtigt, bei der die Grundgesamtheit (Gesamtanzahl der pro Jahr anfallenden Container) eingeht.

$$n = \frac{(t_{\alpha, n-1} \cdot v)^2}{e_{\text{rel}}^2 + \frac{(t_{\alpha, n-1} \cdot v)^2}{N}} \quad (\text{Gleichung 5})$$

n: Anzahl der Stichproben

v: Variationskoeffizient [%]

N: Grundgesamtheit

e_{rel} : zulässiger relativer Fehler [%]

$t_{\alpha, n-1}$: Konfidenzintervall der t-Verteilung

Die Grundgesamtheit N steht im Nenner von Gleichung 5. Somit werden unrealistisch hohe Stichprobenumfänge, welche durch große Variationskoeffizienten die Zahl der Grundgesamtheit überschreiten, vermieden. Der maximale Stichprobenumfang wird durch die Zahl der Grundgesamtheit begrenzt. Da die Grundgesamtheit aller pro Jahr zur Abholung durch die öRE bereitgestellten Container zumindest näherungsweise bekannt ist, kann Gleichung 5 als Ansatz zur Berechnung der Anzahl zu untersuchender Container herangezogen werden.

3.1.5. Zusammenfassende Bewertung der Ansätze zur Festlegung von Stichprobenumfängen

Tabelle 3 fasst die vorgestellten Ansätze zur Festlegung von Stichprobenumfängen und ihren Anwendungsbereich zusammen. Diese Regelungen stellen jedoch immer ein Kompromiss zwischen der statistischen Lehre und praktikablen Festlegungen dar. In diesen Regelwerken sind folgende Kriterien enthalten, nach denen die Mindestprobemenge festgelegt werden kann:

- Vorgabe eines festen Stichprobeumfangs oder von zeitlichen Intervallen
- Probemenge abhängig von der maximalen Korngröße d

- Probemenge abhängig von der nicht näher definierten Heterogenität
- Probemenge abhängig von der Streuung der Messwerte (angegeben als Variationskoeffizient)

Tabelle 3: Ansätze zur Festlegung von Stichprobenumfängen und deren Anwendungsbereiche

Vorschrift/ Quelle	Mindestprobemenge	Untersuchungsanlass
[VKF,1963]	1 % der Grundgesamtheit, Mind. 1000 kg	Sortieranalysen
[LAGA PN 2/78K] in Kombination mit [DIN 51 701]	Anzahl der Proben: Je 10 t 1 Probe, >150 t: alle 15 t Angabe - Mindestgewicht je Einzelprobe (G) in Abhängigkeit von d = Maximalkorngröße mit G (kg)= 0,06 x d (mm)	Chem.-phys. Analysen von Abfällen DIN51701: Charakterisierung Steinkohle > 120 mm
[LAGA PN 2/98]	>600 Gebinde je 300 Gebinde + 10	Chem.-phys. Analysen von Abfällen Probenahme aus Gebinden
[LfUG, 1998]	$n > \frac{(1.96 \cdot v)^2}{e_{\text{rel}}^2 + \frac{(1.96 \cdot v)^2}{N}}$ <p>n: Anzahl der Stichproben N: Grundgesamtheit v: Variationskoeffizient [%] e_{rel}: zulässiger relativer Fehler [%]</p>	Sortieranalysen für Siedlungsabfälle

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ansätze nach [VKF, 1963] und [LAGA PN 2/98] pauschale Festlegungen über Stichprobenumfängen treffen. Darüber hinaus ist der Anwendungsbereich der beiden LAGA-Richtlinien nicht mit der vorliegenden Fragestellung zu vergleichen. Alle drei ziehen pauschale Anteile der Grundgesamtheit als Stichprobenumfang heran.

Der Ansatz der Sächsischen Sortierrichtlinie [LfUG, 1998] beinhaltet eine statistische Herleitung des Stichprobenumfangs. Hierfür ist jedoch zusätzlich zum

Wissen über Abfallmengen die Kenntnis der Streuung des Untersuchungsmerkmals notwendig. In der Richtlinie sind zum Beispiel Erfahrungswerte für die Streuung von Anteilen oder einwohnerspezifischen Mengen bestimmter Hausmüllbestandteile aufgeführt, die für Folgeuntersuchungen herangezogen werden können.

Da bisher keine belastbaren Daten über Merkmalsstreuungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte zur Verfügung stehen, müssten diese in einer „Pilotuntersuchung“ bestimmt werden. Um den notwendigen Umfang einer solchen Pilotuntersuchung abzuschätzen, werden im Folgenden das vorhandene Mengengerüst zur Entsorgung von EAG sowie vorliegende primär- und sekundärstatiche Daten ausgewertet. Dies hat nicht das Ziel, Daten über Mengen und Zusammensetzung der zu entsorgenden Altgeräte in Deutschland zu liefern, sondern bezweckt ausschließlich eine Abschätzung der Streuung, um möglichst den notwendigen Stichprobenumfang möglichst realitätsnah festzulegen.

Die Mindestanzahl der zu beprobenden Container soll definiert werden als eine Funktion von:

- Anzahl der Container (n_C), die pro Jahr in der Sammelgruppe z anfallen,
- durchschnittliche Anzahl der Altgeräte (n_{AG}) der Geräteart y pro Container der Sammelgruppe z,
- Anzahl der Hersteller (n_H), die Altgeräte der Geräteart y herstellen,
- gewünschte Genauigkeit (e).

4. Abschätzung des Mengengerüstes zur Festlegung von Untersuchungsumfängen

Vom Aufkommen an Altgeräten pro Sammelgruppe und Geräteart, von der Anzahl der registrierten Hersteller und von weiteren Daten hängt nicht nur ab, welcher Anteil der angefallenen Altgeräte von den verschiedenen Herstellern zu entsorgen ist, sondern auch, welche Mindeststichprobenanzahl für die Anwendung von §14, Abs.5, Nr.2 untersucht werden muss.

Für die Entwicklung einer geeigneten Methode sind folgende Informationen besonders relevant:

- Pauschale Festlegung des Stichprobenumfangs nach [VKF, 1963] und [LAGA PN 2/98]
 - Anzahl der Container je Sammelgruppe, die in einem Jahr anfallen
- Statischer Ansatz über Streuung des Untersuchungsmerkmals nach [LfUG, 1998]
 - Verteilung der Gerätearten in den Containern je Sammelgruppe: Wie viele Altgeräte der verschiedenen Gerätearten sind in einem Container enthalten?
 - Verteilung nach Herstellern: Von den Altgeräten einer bestimmten Geräteart, die sich in einem Container befinden, welcher Anteil wurde von den jeweiligen Herstellern hergestellt?
Neben durchschnittlichen Werten für das Untersuchungsmerkmal sind Angaben über die Streuung des Untersuchungsmerkmals notwendig.

Vollständige und umfangreiche Daten zur Abschätzung dieser Kerngrößen stehen für Elektro- und Elektronikaltgeräte und den Anteil einzelner Hersteller am gesamten Altgeräteaufkommen nicht zur Verfügung, da die Sammlung und Erfassung in bestehender Form erst seit März 2006 durchgeführt wird. Daher werden auf Basis vorliegender Informationen und Statistiken grobe Abschätzungen durchgeführt, um die notwendigen Informationen abzuschätzen. Es ist zu betonen, dass sich diese Daten auf Annahmen und Daten stützen, die z. T. mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Die Methoden und Annahmen, welche für die Abschätzungen angewandt wurden, sind in diesem Bericht erläutert und diskutiert. Wenn in Zukunft aktuelle Daten zur Verfügung werden, wird empfohlen, die hier getroffenen Abschätzungen zu verfeinern und zu verifizieren.

Abbildung 6 und Abbildung 7 stellen die Vorgehensweise bei der Abschätzung des Aufkommens und der Merkmalsstreuung in der vorliegenden Untersuchung dar.

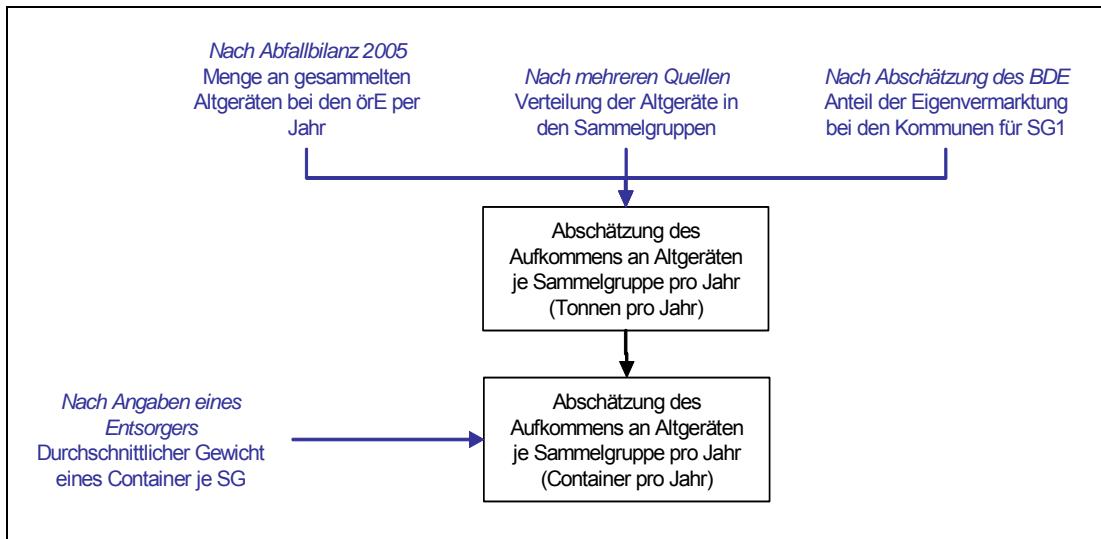
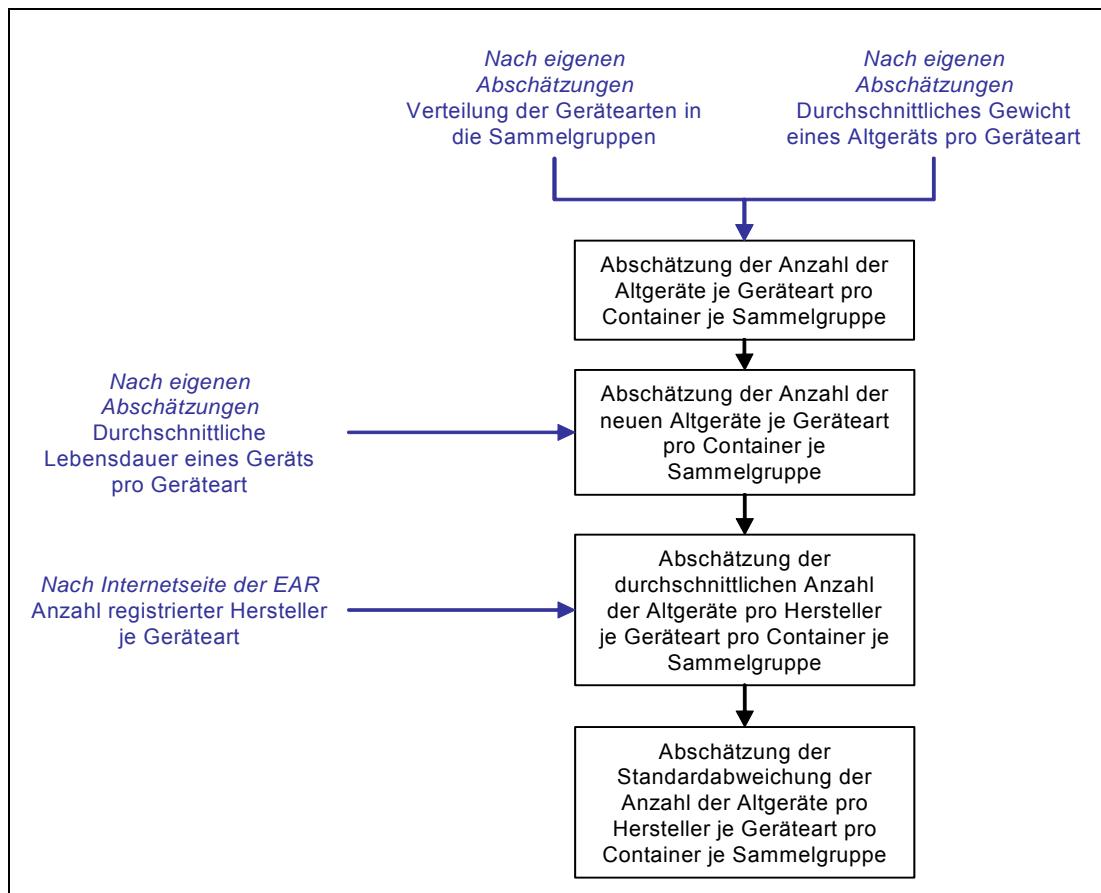


Abbildung 6: Abschätzung des Aufkommens an Altgeräten je Sammelgruppe pro für das Basisjahr 2006



**Abbildung 7: Abschätzung des zeitlichen Verlaufs der Anzahl der Altgeräte pro Hersteller
je Gerätetyp pro Container je Sammelgruppe sowie der daraus resultie-
renden Standardabweichung des Untersuchungsmerkmals**

4.1. Datenbasis und Methode zur Abschätzung des Aufkommens von EAG in Deutschland

Nach einer Auswertung der Länderabfallbilanzen für 2005 [INTECUS, 2007] wurden 2005 ca. **360.000 Tonnen** Altgeräte durch die örE gesammelt. Zu diesem Zeitpunkt wurde noch nicht in den fünf Sammelgruppen nach ElektroG gesammelt. Entsprechend liegen keine nach Sammelgruppen differenzierten Statistiken vor.

Zur Ermittlung der Verteilung dieser 360.000 Tonnen auf die fünf Sammelgruppen nach § 9 Abs. 4 ElektroG wurde Literatur zu Aufkommen und Zusammensetzung von Elektro- und Elektronikaltgeräten ausgewertet. Die Untersuchungen basierten auf verschiedenen Zeiträumen (Jahre 1992 bis 2005).

Das Gesamtaufkommen an Elektro- und Elektronikaltgeräten in Deutschland wurde je nach Studie zwischen 0,28 und 2,1 Millionen Tonne pro Jahr abgeschätzt. Die folgende Abbildung fasst die Ergebnisse der Abschätzungen, zuordnet den entsprechenden Sammelgruppen nach ElektroG, zusammen.

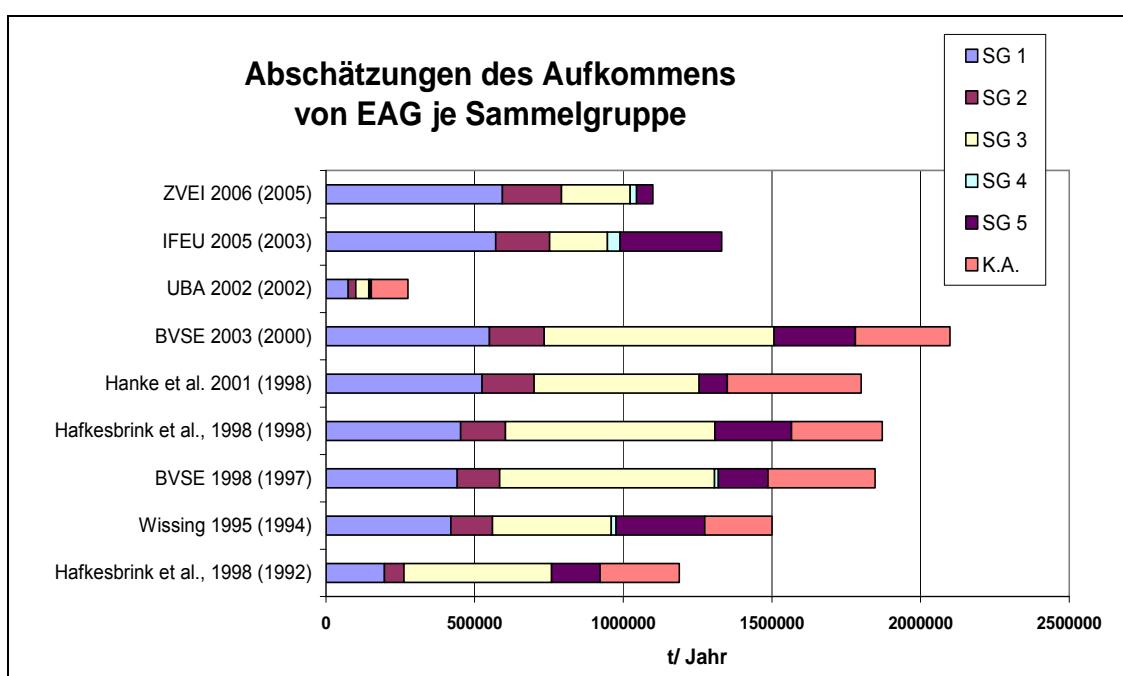


Abbildung 8: Vergleich verschiedener Studien zu Aufkommen und Zusammensetzung von Elektro- und Elektronikaltgeräten

In den betrachteten Studien wurden verschiedene Methoden zur Abschätzung des Aufkommens und der Zusammensetzung an Elektro- und Elektronikaltgeräten angewandt, welche in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt sind.

Tabelle 4: Methoden zur Abschätzung des Aufkommens und Zusammensetzung von Elektro- und Elektronikaltgeräten

Methode	Beschreibung	Quelle
Abschätzung des Abfallaufkommens nach Produktionsdaten	Die Abschätzung basiert auf den Mengen an verkauften neuen Geräten. Dafür werden folgende Daten benötigt: <ul style="list-style-type: none"> – entweder direkt die Menge der verkauften Geräte oder die Menge der produzierten Geräte unter Berücksichtigung der importierten und exportierten Mengen oder der Haushaltsbestand; – das durchschnittliche Gewicht der verschiedenen Geräte und – die durchschnittliche Nutzungsdauer der Geräte 	[BVSE, 2003] [Hafkesbrink et al., 1998] [Hanke et al., 2001] [IFEU, 2005] [Wissing, 1995] [ZVEI, 2006]
Lineare Regression	Lineare Regression basierend auf den Ergebnissen von [Hafkesbrink et al., 1998] zur Berechnung der relativen Massenanteile der Gerätekategorien	[BVSE, 2003]
Zusammenstellung von Daten aus den Abfallbilanzen der Länder	Addition der Angaben der Länder in den Abfallbilanzen 2002	[UBA, 2002]
Gemischte Methode	Kombination von unterschiedlichen Abschätzungsmethoden: Abschätzung des Abfallaufkommens nach Produktionsdaten, Daten der Entsorgungsindustrie und Literaturrecherchen [Klatt, 2006]	[BVSE, 1998]

Alle Studien außer [UBA, 2002] beschäftigten sich nicht mit der tatsächlich gesammelten Abfallmenge, sondern mit der Menge an Abfällen, die potentiell anfallen. Somit werden auch anfallende Altgeräte berücksichtigt, die nicht im Entsorgungssystem erfasst werden („illegal“ Entsorgung im Restmüll, „Schubladenlagerung“). Die von der Studie [UBA, 2002] gelieferten Daten stammen aus den Abfallbilanzen der Bundesländer. Da die Länder unterschiedliche Kriterien benutzt haben, um die Altgeräte zuzuordnen, konnte die Zuordnung in Sammelgruppen für die Mehrheit der Länder nicht erfolgen. Aus diesem Grund kön-

nen die Daten aus dieser Studie nicht dafür verwendet werden, die Verteilung des Abfallaufkommens nach Sammelgruppen abzuschätzen.

Für alle anderen Untersuchungen wurde ermittelt, wie die anfallende Altgerätemenge Sammelgruppen zugeordnet werden kann. Tabelle 5 zeigt für die acht betrachteten Studien die mittleren prozentualen Anteile der Sammelgruppen am gesamten Altgeräteaufkommen.

Tabelle 5: Auswertung der Verteilung der Altgeräteaufkommen nach Sammelgruppe aus verschiedenen Studien

Untersuchungen	1	2	3	4	5	6	7	8	Mittelwert	Standardabweichung
SG 1	21%	33%	30%	29%	39%	31%	43%	54%	35%	10%
SG 2	7%	11%	10%	10%	13%	10%	14%	18%	12%	3%
SG 3	54%	31%	49%	45%	41%	43%	15%	21%	37%	14%
SG 4	0%	1%	1%	0%	0%	0%	3%	2%	1%	1%
SG 5	18%	23%	11%	16%	7%	15%	26%	5%	15%	7%

Untersuchungen:

- 1 [Hafkesbrink et al., 1998] (1992)
- 2 [Wissing, 1995] (1994)
- 3 [BVSE, 1998] (1997)
- 4 [Hafkesbrink et al., 1998] (1998)
- 5 [Hanke et al., 2001] (1998)
- 6 [BVSE, 2003] (2000)
- 7 [IFEU, 2005] (2003)
- 8 [ZVEI, 2006] (2005)

4.2. Schätzung der Anzahl jährlich zu entsorgenden Container in der Abholkoordination je Sammelgruppe

Durch Eigenvermarktung nach § 9 Abs. 6 ElektroG wird ein Teil der gesammelten Altgeräte der EAR-Abholkoordination entzogen. Es wurde abgeschätzt, dass die Kommunen Eigenvermarktung für 70 % der gesammelten Geräte der Sammelgruppe 1 betreiben [BDE, 2007]. Anhand dieser Informationen kann das jährliche Aufkommen an Elektro- und Elektronikaltgeräten je Sammelgruppe geschätzt werden, welches an den Übergabestellen bei den öffentlich-

rechtlichen Entsorgungsträgern bereitgestellt und über die Abholkoordination der EAR den Herstellern zur Abholung zugewiesen wird. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 gezeigt.

Tabelle 6: Geschätztes Aufkommen von an den kommunalen Sammelstellen angenommenen und bereitgestellten Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) je Sammelgruppe

Sammel-Gruppe	Verteilung ¹⁾	Gesammelte Altgeräte (t/Jahr)	Nach Eigen-Vermarktung ³⁾ (t/Jahr)
1	35%	125.800	37.740
2	12%	41.500	41.500
3	37%	134.500	134.500
4	1%	3.300	3.300
5	15%	54.900	54.900
Summe:		360.000²⁾	271.940

¹⁾ Mittelwert aus Tabelle 5

²⁾ Summe aus den Abfallbilanzen der Länder für 2005

³⁾ Annahme für Eigenvermarktung durch örE: 70% des ges. Aufkommens für Sammelgruppe 1

Basierend auf Annahmen über das durchschnittliche Gewicht je Sammelgruppe für volle Container [Schönekerl, 2007] wird in Tabelle 7 das Aufkommen an Altgeräten je Sammelgruppe in Containern pro Jahr abgeschätzt.

Tabelle 7: Abschätzung der jährlich bereitgestellten Containeranzahl je Sammelgruppe auf Basis durchschnittlicher Containergewichte

Sammel-Gruppe	Container-Volumen (m ³)	Durchschnittliches Gewicht eines Containers (t)	Aufkommen Übergabestellen (t/Jahr)	Aufkommen Übergabestellen (Container/Jahr)
1	30	4,5	37.740	8.387
2	30	2,4	41.500	17292
3	30	4,2	134.500	32.024
4	3	1	3.300	3.300
5	30	6,5	54.900	8.446
Summe:			271.940	69.448

4.3. Schätzung von Massenanteilen und Stückzahlen einzelner Gerätearten je Sammelgruppe in Containern der Abholkoordination

Da derzeit keine Daten über prozentuale Anteile einzelner Gerätearten je Sammelgruppe zur Verfügung stehen, wurden mit Hilfe von Literaturwerten (siehe hierzu [Rotter et al., 2006]) eigene Abschätzungen zur Zusammensetzung des Aufkommens je Geräteart getroffen.

Die Liste der Gerätearten wurde von der EAR veröffentlicht. Im vorliegenden Projekt werden nur solche Geräte betrachtet, welche in die Abholkoordination kommen. Somit sind alle Gerätearten „ausschließlich für gewerbliche Nutzung“ nicht weiter zu berücksichtigen.

Der geschätzte Massenanteil der einzelnen Gerätearten je Sammelgruppe und das durchschnittliche Gewicht von Altgeräten je Geräteart sind notwendige Annahmen, um zu berechnen, wie viele Altgeräte (Stückbasis) sich durchschnittlich in einem Container befinden.

Gleichung 6 zeigt den Ansatz zur Berechnung der Anzahl der Altgeräte pro Container je Geräteart und Sammelgruppe.

$$N_{GA,x}^y = \frac{x_{GA,x}^y \times m_c^y}{m_{GA,x}} \quad (\text{Gleichung 6})$$

$N_{GA,x}^y$ Anzahl der Altgeräte der Geräteart x pro Container der Sammelgruppe y

$x_{GA,x}^y$ Gewichtanteil der Geräteart x in der Sammelgruppe y

m_c^y Durchschnittliches Gewicht eines Container der Sammelgruppe y

$m_{GA,x}$ Durchschnittliches Gewicht eines Altgeräts der Geräteart x

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse dieser Abschätzung dar.

Tabelle 8: Berechnung durchschnittlicher Stückzahlen je Geräteart in Containern aus der Abholkoordination

SG	Geräteart	Gewichts-anteil in der SG ⁷	Durchschn. Gewicht pro Gerät ⁸ (kg)	Anzahl von Geräten pro Container (Stk)
1	Andere Haushaltsgroßgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	99,9%	60	75
	Automatische Ausgabegeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	0,1%	50	0,09
2	Kältegeräte, Klimageräte, Ölradiatoren für die Nutzung in privaten Haushalten	100%	30	80
3	Kameras (Photo)	1%	0,2	210
	Datensichtgeräte	16%	7	96
	Mobil-Telefone	2%	0,1	840
	'Persönliche' Datenverarbeitung	24%	5	202
	'Persönliche' Telekommunikationsgeräte	3%	0,3	420
	'Persönliches' Drucken von Daten und Übermittlung gedruckter Daten	7%	3	98
	TV-Geräte	32%	15	90
	Übrige Geräte der Unterhaltungselektronik (mit Ausnahme von TV-Geräten)	15%	2	315
4	Gasentladungslampen für die Nutzung in privaten Haushalten	100%	0,5	2000
5	Haushaltskleingeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	67%	2	1441
	Werkzeuge für die Nutzung in privaten Haushalten	11%	2	237
	Spielzeug für die Nutzung in privaten Haushalten	13%	1	559
	Sport- und Freizeitgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	7%	10	30
	Medizinprodukte für die Nutzung in privaten Haushalten - B2C -	1%	0,5	86
	Überwachungs- und Kontrollinstrumente für die Nutzung in privaten Haushalten	1%	0,5	86

⁷ Eigene Abschätzung auf Basis von Marktrecherchen nach [Rotter et al., 2006]

⁸ Durchschnittsgewichte aus verschiedenen Studien zusammengestellt in [Rotter et al., 2006]

4.4. Prognose der zeitlichen Entwicklung des Anteils von neuen Altgeräten je Geräteart in Containern aus der Abholkoordination

Laut § 14 Abs. 5 ElektroG kann für „neue“ Altgeräte (nach dem 23. November 2005 in Verkehr gebracht) die Berechnung der Verpflichtung nach dem nachgewiesenen Anteil der eindeutig identifizierbaren Altgeräte eines Herstellers an der gesamten Altgerätemenge pro Geräteart erfolgen. Entsprechend ist der Anteil „neuer“ Altgeräte eines Herstellers an der gesamten Altgerätemenge zu bestimmen.

Zur Abschätzung der anfallenden Menge an neuen Altgeräten wurden mittlere Lebensdauern pro Geräteart nach [Rotter et al; 2006] angenommen. Weiterhin wurde vereinfacht zu Grunde gelegt, dass die Lebensdauer normal verteilt ist und dass der Variationskoeffizient der Lebensdauer jeweils 30 % beträgt. Daraus wurden für jede Geräteart die durchschnittliche Lebensdauer und die Standardabweichung der Lebensdauer abgeschätzt. Die zu Grunde gelegten Annahmen sind in Anhang A dokumentiert.

Aufgrund der Annahme einer Normalverteilung kann das Abfallaufkommen mit der Gauß'schen Formel abgeschätzt werden:

$$\text{Anteil von neuen Geräten im Aufkommen } = A(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \quad (\text{Gleichung 7})$$

mit t : vergangene Zeit seit dem 23. November 2005
 μ : durchschnittliche Lebensdauer
 σ : Standardabweichung

Aus Gleichung 7 kann man ableiten, welcher Anteil der anfallenden Altgeräte vor dem 23. November 2005 in Verkehr gebracht wurde. Beispielhaft für Sammelgruppe 3 stellt folgende Abbildung dar, wie in Abhängigkeit der Zeit der Anteil der neuen Altgeräte zunimmt.

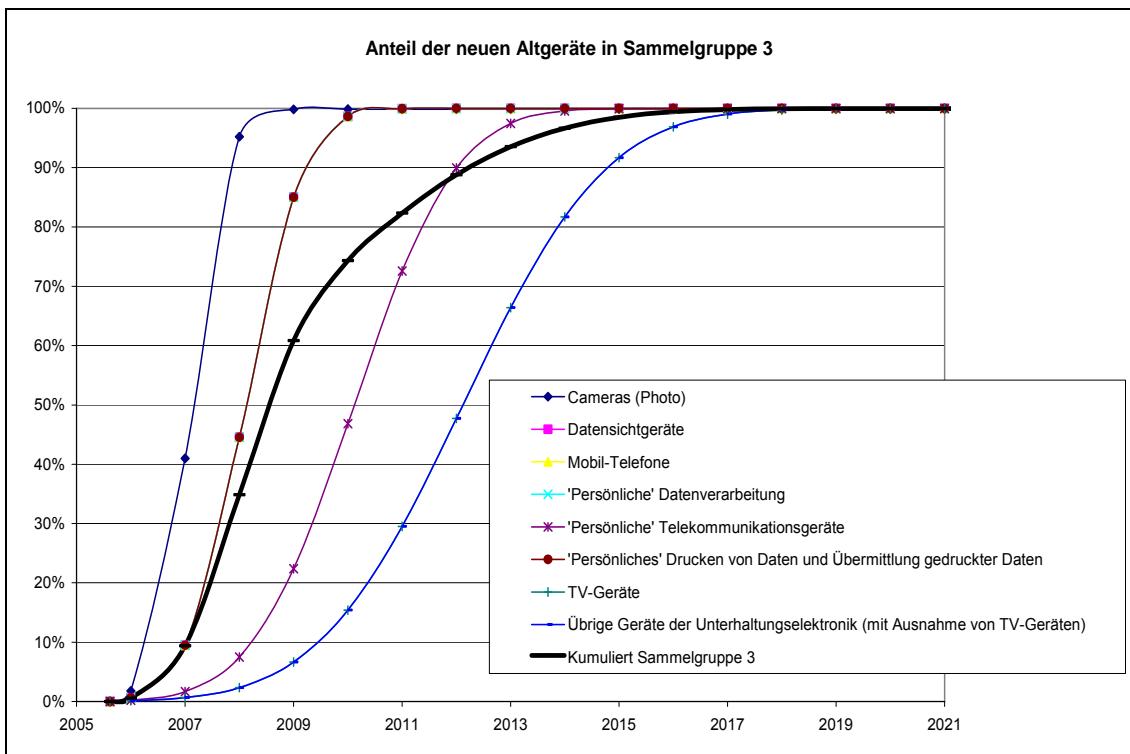


Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung des Anteils „Neuer“ Altgeräte in der Sammelgruppe 3
 (Abschätzung über die durchschnittliche Lebensdauer nach [Rotter et al., 2006], Normalverteilung der Lebensdauer mit einem Variationskoeffizienten 30%)

Im Anhang A stellt Tabelle 20, die für jede Geräteart der fünf Sammelgruppen die Lebensdauer und ihre abgeschätzte Standardabweichung dar. Weiterhin ist die zeitliche Entwicklung des Aufkommens an neuen Altgeräten je Geräteart (Stück pro Container) dargestellt.

4.5. Abschätzung herstellerindividueller Anteile an neuen Altgeräten in Containern aus der Abholkoordination

Auf der Internetseite der EAR ist das Verzeichnis der registrierten Hersteller veröffentlicht. Durch eine Abfrage am 19.04.2007 wurde die Anzahl der registrierten Hersteller je Geräteart bestimmt.

Mit dieser Information kann nach Gleichung 8 abgeschätzt werden, wie viele Altgeräte je Hersteller sich durchschnittlich in einem Container befinden.

$$\text{Aufkommen pro Hersteller (t)} = \frac{\text{Aufkommen (t)}}{\text{Anzahl der registrierten Hersteller}}$$

(Gleichung 8)

Unter „durchschnittlich“ wird verstanden, dass man die Anzahl der Altgeräte im Container berechnet, die von einem Hersteller hergestellt worden sind, unter der stark vereinfachten Annahme, dass alle Hersteller den gleichen Anteil an Altgerätemenge einer Geräteart haben.

Abhängig von der Anzahl der registrierten Hersteller je Sammelgruppe, der abgeschätzten Lebensdauer und Standardabweichung sowie der durchschnittlichen Anzahl der Altgeräte pro Container je Geräteart und je Sammelgruppe wird die durchschnittliche Anzahl der neuen Altgeräte pro Container je Geräteart und je Sammelgruppe berechnet, die durchschnittlich von einem Hersteller hergestellt wurden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 21 im Anhang B zusammengefasst.

Festgestellt wird, dass die Anzahl von neuen Altgeräten pro Hersteller je nach Geräteart sehr unterschiedlich ist. Für Mobil-Telefone und Gasentladungslampen werden sich bei steigendem Anteil neuer Altgeräte mehr als 10 neue Altgeräte pro Hersteller in den jeweiligen Containern der Sammelgruppe befinden. Für andere Gerätearten wie Sport- und Freizeitgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten und Geräte zur 'Persönlichen' Datenverarbeitung wird sich weniger als „ein halbes“ neues Altgerät pro Hersteller in einem Container befinden, weil dort aufgrund hoher Stückgewichte eine geringe Anzahl an Geräten pro Container vorhanden ist oder die Anzahl der Hersteller entsprechend hoch ist.

4.6. Schätzung von Streuungen und Wahrscheinlichkeiten des Untersuchungsmerkmals

Zur Quantifizierung der Streuung des Untersuchungsmerkmals wurde der Variationskoeffizient der Anzahl von neuen Altgeräten pro Hersteller und pro Container je Geräteart abgeschätzt.

Allgemein lässt sich der Variationskoeffizient mit folgender Formel berechnen:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (\text{Gleichung 9})$$

Mit

- \bar{x} : durchschnittliche Anzahl von neuen Altgeräten pro Hersteller pro Container (bekannt, siehe Tabelle 21 in Anlage B)
- s : Standardabweichung von x

Die Standardabweichung s berechnet sich nach:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Der Variationskoeffizient bzw. der Mittelwert und die Standardabweichung eines Untersuchungsmerkmals sind Größen, die aus empirischen Untersuchungen bestimmt werden. Solche Untersuchungen sind jedoch für den betrachten Untersuchungsgegenstand noch nicht vorhanden. In den folgenden Kapiteln wird eine grobe Abschätzung des Variationskoeffizienten vorgenommen.

4.6.1. Abschätzung des Variationskoeffizienten im Fall, dass die durchschnittliche Anzahl der Geräte pro Geräteart pro Container und Hersteller klein ist ($< 0,3$)

Aus Anhang B ergibt sich, für welche Gerätearten und für welche Zeiträume die durchschnittliche Anzahl der Geräte pro Geräteart pro Container kleiner als 1 ist. Dies bedeutet, dass durchschnittlich mehr als ein Container untersucht werden muss, damit überhaupt nur ein Gerät gefunden werden kann.

Wenn man $\frac{1}{x}$ Container der Sammelgruppe z untersucht (z.B., wenn $\bar{x} = 0,1$ ist,

sind das 10 Container), kann man vermuten, dass man im optimalen Fall ein Gerät der Geräteart y des Herstellers x in einem Container findet, und dass alle anderen Container kein Gerät der Geräteart y des Herstellers x enthalten.

Das ergibt: $n = \frac{1}{x}$

$x_i = 0$ in $n-1$ Fällen

$x_i = 1$ in einem Fall

Daraus kann die Abschätzung von s und v mit folgender Formel erfolgen:

$$s = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{\bar{x}} + 1} \times \left[\left(\frac{1}{\bar{x}} - 1 \right) \times (0 - \bar{x})^2 + 1 \times (1 - \bar{x})^2 \right]} \quad \text{und} \quad v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (\text{Gleichung 10})$$

Im Folgenden wird dieser Ansatz zur Berechnung minimaler Variationskoeffizienten zu Grunde gelegt, für die Fälle, in denen der Anteil je Hersteller und Geräteart (\bar{x}) < 0,3 Geräte pro Container ist.

Mit dieser Formel erhält man eine Abschätzung des Variationskoeffizienten im „Best-Case“, weil man davon ausgeht, dass alle Hersteller je Geräteart denselben Anteil der neuen Altgeräte in der Sammlung haben und dass diese Geräte idealer Weise gleichmäßig auf die zur Abholung bereitgestellten Container verteilt sind. In der Realität ist diese Annahme nicht zutreffend. Für Hersteller mit unterdurchschnittlichem Marktanteil und bei ungleichmäßiger Verteilung steigen der Variationskoeffizient des Untersuchungsmerkmals und damit auch der notwendige Mindeststichprobenumfang.

Je kleiner der Marktanteil eines Herstellers, desto kleiner ist sein mittlerer Geräteanteil in der Altgerätemenge \bar{x} und desto größer ist der Variationskoeffizient v des Untersuchungsmerkmals.

Tabelle 22 in Anhang C listet die nach dieser Methode abgeschätzten Werte der Variationskoeffizienten der Herstelleranteile je Geräteart auf.

4.6.2. Abschätzung des Variationskoeffizienten im Fall, dass die durchschnittliche Anzahl der Geräte pro Geräteart pro Container und Hersteller größer als 0,3 ist

Bei steigender Geräteanzahl je Hersteller pro Geräteart und Container ist der Fehler durch die in Kapitel 4.6.1. getroffenen Annahmen und Vereinfachungen als bedeutend anzusehen. Daher sollten in diesen Fällen Pilotuntersuchungen durchgeführt werden, um die notwendigen Daten zur Entwicklung einer statistisch abgesicherten Methode zur Bemessung individueller Herstelleranteile zu

sammeln. Belastbare Informationen über die Anzahl der Geräteart pro Container und pro Hersteller je Geräteart und über die Streuung dieses Werts sind dafür notwendig.

Um in den Kapiteln 5 und 6 den Aufwand zur Durchführung einer Untersuchung zur Feststellung individueller Herstelleranteile zu bestimmen, wurden maximale und minimale Variationskoeffizienten je Sammelgruppe pauschal festgelegt. Diese orientieren sich an Streuungen der Abfallzusammensetzung wie sie aus dem Hausmüllbereich bekannt sind und können als „Best-Case“ Schätzungen (im Sinne kleiner Streuungen und kleiner Stichprobenumfänge) angesehen werden.

4.7. Schätzung von Mindeststichprobenumfängen für eine Pilotuntersuchung

Mit den Schätzungen aus dem Mengengerüst kann in Kombination mit den in Kapitel 3 vorgestellten Ansätzen berechnet werden, welcher Stichprobenumfang pro Ansatz für eine Pilotuntersuchung zugrunde gelegt werden muss. Dabei wurden die Daten aus Tabelle 9 herangezogen.

Für den statistischen Ansatz nach [LFUG, 1998] wurden Variationskoeffizienten bei geringer Geräteanzahl pro Hersteller und Container nach Gleichung 11 je Geräteart berechnet. Für die Abschätzung wurde für das Aufkommen neuer Geräte 2015 als Basisjahr herangezogen. Bei einer Anzahl von weniger als 0,3 Geräten pro Hersteller je Geräteart und Container wurde der Variationskoeffizient pauschal geschätzt, da hierzu bislang keine Untersuchungen vorliegen. Für Angaben des minimalen bzw. maximalen Variationskoeffizienten des Untersuchungsmerkmals wurde jeweils die Geräteart mit dem größten bzw. kleinsten Variationskoeffizienten je Sammelgruppe herangezogen.

Tabelle 9: Mengengerüst zur Berechnung der Mindeststichprobenumfangs für eine Pilotuntersuchung (Variationskoeffizienten beziehen sich auf das Basisjahr 2015)

Sammelgruppe	Durchsch. Gewicht pro Container	Anzahl Geräte pro Container	Gew. pro Gerät (kg)	Aufkommen (Container pro Jahr)	Variationskoeffizient min.	Variationskoeffizient max.
1	4,5	75	90	8.387	170%	300%
2	2,4	80	75	17.292	100%	150%
3	4,2	2.270	6	32.024	100%	150%
4	1	2.000	0,5	3.300	50%	150%
5	6,5	3.700	2	8.446	100%	180%
Summe				69.448		

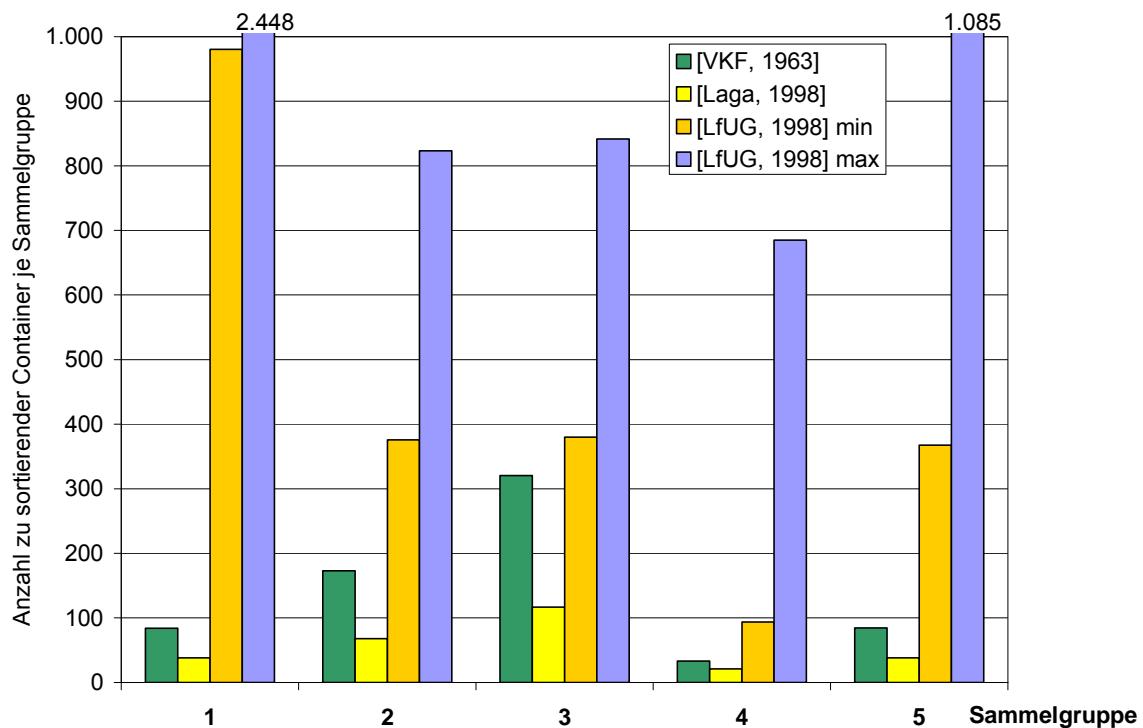


Abbildung 10: Mindeststichprobenumfang für eine Pilotuntersuchung zur Bestimmung individueller Herstelleranteile von EAG auf Basis des Mengengerüstes nach Tabelle 9 (Annahmen: für Ansatz [LFUG, 1998]; rel. Zulässiger Fehler 10%)

Wie in Abbildung 10 deutlich wird, variiert die festzulegende Mindeststichprobengröße für eine Untersuchung je nach Sammelgruppe. Noch stärker ist jedoch der Einfluss unterschiedlicher Berechnungsmodelle zur Mindeststichprobenanzahl zu bewerten. Die beiden pauschalen Festlegungen prozentual zum

Aufkommen nach [VKG, 1963] und [LAGA, 1998] führen in jedem Fall zu deutlich geringen Stichprobenumfängen als der statistisch hergeleitete Ansatz nach [LfUG, 1998]. Da die Variationskoeffizienten des Untersuchungsmerkmals eher konservativ gering abgeschätzt wurden, kann festgestellt werden, dass die pauschalen Ansätze eindeutig zu geringe Stichprobenumfänge festlegen.

5. Praktische Umsetzung und Verfahrensalternativen

5.1. Sortieranalysen

Die Analyse der Zusammensetzung von gezogenen Abfallproben dient dem Zweck, unter ökonomisch und zeitlich angemessenem Aufwand aus den Mittelwerten der Stichprobenzusammensetzungen auf die Zusammensetzung einer Grundgesamtheit zu schließen. Die gezogenen Stichproben müssen repräsentativ sein, d.h. die reale Zusammensetzung muss korrekt wiedergegeben und reproduzierbar sein. Sortierkampagnen sind in der Abfallwirtschaft seit langem eingeführte und anerkannte Analysemethoden.

Zur herstellerseitigen Ermittlung der EAG-Eigenanteile pro Altgeräteart und Sammelgruppe sind Sortieranalysen grundlegend geeignet. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, bedarf es der Festlegung einheitlicher Sortierkriterien.

5.1.1. Stichprobenplanung

Im Vorfeld der Sortieranalyse sind zur Abschätzung der organisatorischen und finanziellen Aufwendungen folgende Parameter durch den jeweiligen Hersteller gem. § 3, Abs. 11 ElektroG festzustellen:

- die benötigte Anzahl der zu beprobenden Container an den Übergabestellen/Erstbehandlungsanlagen
- die Anforderungen an eine hinreichende gebietsspezifische Abdeckung
- die personellen, materiellen und zeitlichen Aufwendungen
- die resultierenden monetären Kosten für Sortierung, Datenauswertung pro Jahr und Sortiervariante, sowie
- die spezifischen Erhebungskosten in Abhängigkeit des Marktanteils (Anzahl Geräte je Geräteart) je Hersteller

5.1.2. Sortievorgehen und Datenerhebung

Nach der Durchführung einer geeigneten Stichprobenplanung (vgl. Kapitel 5.1.1) folgen die eigentlichen Sortierkampagnen an den Übergabestellen bzw. Erstbehandlungsanlage. Zur Durchführung werden mobile, im Bereich EAG eingearbeitete Sortiereinheiten empfohlen. Diese sollten mindestens aus einem erfahrenen Sortierleiter und einer Assistenzkraft bestehen (siehe auch Kostenkalkulation, Kapitel 6). Die praktischen Prüfschritte folgen dem nachstehenden Schema (siehe auch Kapitel 2.4.3):

1. EAG gemäß Definition ElektroG?
2. EAG in korrekter Sammelgruppe gem. § 9 Abs. 4 ElektroG erfasst?
3. EAG ab dem 24.11.2005 in Verkehr gebracht („New Waste“)?
4. Altgerät B2C (Kennzeichnung mit durchgestrichener Mülltonne vorhanden)?
5. Verwiegung der eindeutig identifizierten und separierten Altgeräte
6. Gerät hergestellt durch Hersteller X (Registriernummer vorhanden/Herstellername aufgedruckt?)?

Auf Grundlage der Wiegeergebnisse (Gewicht EAG untersuchter Container, Gewicht separierte EAG) wird der Anteil der eindeutig dem Hersteller X zuzuordnenden Altgeräte an der gesamten Altgerätemenge pro Geräteart und Container bestimmt. Aus § 10, Abs. 2 ElektroG in Verbindung mit § 24 ElektroG geht hervor, dass EAG, die ab dem 24.11.2005 in Verkehr gebracht wurden, als „New Waste“ anzusehen sind. Eine Kennzeichnungspflicht mit dem Symbol der durchgestrichenen Mülltonne ist jedoch erst ab dem 24.03.2006 notwendig. Die zügige und eindeutige Identifikation von Geräten, die innerhalb dieses Zeitraums in Verkehr gebracht wurden, kann in der Praxis Probleme bereiten.

5.1.3. Bestimmung von Kennzahlen bei der Sortierung von EAG (Modelluntersuchung)

Der zeitliche und personelle Vor-Ort-Aufwand zur Durchführung einer EAG-Sortieranalyse hängt maßgeblich von der organisatorischen Situation am Ort der Sortierung (bspw. Erstbehandlungsanlage) sowie der Erfahrung des Sortierteams ab. Einfluss auf die Sortiergeschwindigkeit der jeweiligen Sammelgruppe haben insbesondere

- die Form der Bereitstellung der Altgeräte

- die Wegstrecke von der Bereitstellung über die Waage zum Abladen/Abwurf der EAG
- die Zugänglichkeit dieser Positionen
- die Mitwirkung der Anlagenmitarbeiter (Bereitstellung und zeitnaher anlageninterner Transport der zu untersuchenden Container/EAG, Nutzung erforderlicher Infrastruktur, etc.)

Im April 2007 wurde ein Modellversuch zur praktischen Durchführbarkeit von Sortieranalysen sowie zur Bestimmung sortiertechnischer Leistungsdaten für EAG durchgeführt. Ausgeführt wurde der Versuch durch zwei in das ElektroG eingearbeitete Ingenieure und eine Assistenzkraft auf einem Wertstoffhof der Stadtreinigung Dresden in Dresden-Kaditz. Die Bereitstellung der EAG erfolgte in Gitterboxen (SG 3) und 7m³-Containern (SG 5). Der bereitgestellte Arbeitsplatz sowie die Mitwirkung der Mitarbeiter vor Ort waren optimal.



Abbildung 11: Bestimmung sortiertechnischer Leistungsdaten

Untersucht wurden die Dauer zur kompletten Identifikation von „New-Waste“-Geräten der Sammelgruppen 3a/3b und 5 gemäß dem Ablaufschema in Kapitel 2.4.3. Jeweils eine Kraft begutachtete die EAG, eine zweite trug die angesagten Werte (Geräteart, Gewicht, Herstelleridentität, Zeitdauer, etc.) direkt in einen Laptop ein.

Insgesamt wurden 355 Altgeräte aus Containern der Sammelgruppe 3 und 361 Altgeräte aus Containern der Sammelgruppe 5 überprüft. Erwartungsgemäß war der Anteil des eindeutig identifizierbaren „New Waste“ zum Zeitpunkt der

Sortierung mit einem Gerät (=0,14 % der gesamten Stichprobenmenge, DVD-Player von AEG) sehr gering und besonders bei der Sammelgruppe 3 deutlich unter dem prognostizierten Wert (vgl. Kapitel 4.4). Dies lässt sich durch die zum Zeitpunkt der Sortierung noch andauernden Nutzungs- und Garantiezeiten der Neugeräte erklären. Die komplette Identifikation und elektronische Registrierung dieses Gerätes dauerten 80 Sekunden. Um die Datenbasis der Messwerte bei einer kompletten Identifikation zu erweitern, wurden ergänzende Untersuchungen am Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten durchgeführt. Hierzu wurden unter ähnlichen äußeren Bedingungen mehrere elektr(on)ische Geräte aus der getrennten Sammlung exemplarisch komplett identifiziert. Die Messwertaufnahme dauerte zwischen 48 und 80 Sekunden, im arithmetischen Mittel bei genau 60 Sekunden. Sie variiert in der Praxis u. a. aufgrund der Schreibgeschwindigkeit des Personals sowie der Lesbarkeit der Aufdrucke⁹.

Tabelle 10: Durchschnittliche Identifikationszeiten von „Historical Waste“ und „New Waste“

Sammelgruppe	Geräteanzahl gesamt	Anzahl Geräte „New Waste“ (eindeutig)	Durchschnittliche Identifikationszeit Historical Waste ¹⁰ / New Waste ¹¹ [sec]
3	355	1	22 / 60
5	361	0	25 / 60

Bei herstellerseitiger Durchführung lassen sich die durchgeführten Prüfschritte wesentlich vereinfachen. Nach der Abtrennung der eindeutig einem Hersteller zuzuordnenden „Neu-Altgeräten“ muss lediglich das Gesamtgewicht der separierten Geräte sowie der restlichen EAG bestimmt werden. Von deutlich verkürzten Identifikationszeiten ist daher in der Praxis auszugehen. Auf Basis dieser korrigierten Identifikationszeiten wurden die Sortierzeiten je Container entsprechend Tabelle 11 abgeschätzt.

⁹ Zeitverzögerungen bei der Registratur wurden durch Probleme bei der korrekten Eingabe von Herstellernamen, besonders von weniger bekannten Firmen, verursacht. Dieses Problem entfällt, wenn gezielt nach Geräten eines Herstellers sortiert wird.

¹⁰ Untersuchungskriterien: Gewicht, Sammelgruppe, Herstellername, "Durchgestrichene Mülltonne"

¹¹ Untersuchungskriterien: Gewicht, Sammelgruppe, Herstellernamen/Registriernummer, "Durchgestrichene Mülltonne", Datum des Inverkehrbringens

Tabelle 11: Hochgerechnete durchschnittliche Identifikationszeiten je Container und Sammelgruppe

Sammelgruppe	SG1		SG2		SG3a		SG3b		SG3a+ SG3b ¹²		SG4		SG5	
	Anzahl Geräte [30m³]	Ident.-Zeit [h]	Anzahl Geräte [30m³]	Ident.-Zeit [h]	Anzahl Geräte [3x1m³]	Ident.-Zeit [h]	Anzahl Geräte [30m³]	Ident.-Zeit [h]						
Alt-Altgeräte	90	6	80	5,3	325	1,8	2.300	6,4	1.650	4,9	2.000	5,6	3.600	10,0
Neu-Altgeräte		6,8		6,0		2,3		9,6		7,1		8,3		15

Hiernach bewegen sich Sortierzeiten für einen Sammelcontainer „New Waste“ in einer Spannbreite von bis zu 1 Tag (SG 1, 2, 3a, 3a+3b, 4) bis zu 2 Tagen (SG 3b, 5)

5.1.4. Zusammenfassende Bewertung

Die herstellerseitige Durchführung von **Sortieranalysen** zur Feststellung seiner individuellen Geräteanteile an einer Sammelgruppe ist **technisch problemlos** am Ort der Sortierung durchführbar. Die in Tabelle 11 angegebenen Identifikationszeiten sind in der Praxis jedoch stark von der Professionalität des Sortierteams, der Kooperationsbereitschaft des Anlagenpersonals und den Platz- und Wegeverhältnissen am Ort der Sortierung abhängig und daher als Orientierungswerte anzusehen. Besonders bei Übergabestellen ist mit Platzproblemen zu rechnen, da im Gegensatz zu Erstbehandlungsanlagen oftmals wenig Lager- und Abstellflächen vorgehalten werden.

Die sortiertechnischen Leistungsdaten wurden unter optimalen platztechnischen Bedingungen aufgenommen und auf deren Basis zu erwartende Container-Sortierzeiten abgeschätzt. Die ermittelten Sortierzeiten sind daher mit Unsicherheiten versehen.

¹² Annahme: 1/3 Gruppe 3a, 2/3 Gruppe 3b

5.2. Sichtungen an Sammelstellen

5.2.1. Vorgehen

Bei Sichtungsverfahren werden an allen Annahme- und Übergabestellen in Deutschland jeweils über 4 Monate pro Jahr (1 Monat je Saison zwecks Beachtung der saisonalen Variation der EAG-Zusammensetzung und –mengen, vgl. Kapitel 6.2) die angelieferten EAG eines Herstellers X vor dem Abladen in den entsprechenden Sammelgruppencontainer visuell durch das Anlagenpersonal identifiziert und standardisiert elektronisch erfasst. Ein wichtiger Unterschied zur Sortierung liegt darin, dass über einen längeren Zeitraum eine Arbeitskraft gewünschte EAG identifiziert, ohne einen umfangreichen Sortierplatz aufzubauen. Aus dieser Sicht erscheint diese Variante besonders bei engen räumlichen Verhältnissen an den Annahme- bzw.- Übergabestellen geeignet.

Die Bestimmung des Gewichtsanteils im jeweiligen Sammelgruppencontainer erfolgt entweder

- über Verwiegung der gesammelten EAG (z.B. einzeln oder in Gebinden wie Gitterboxen/Container), oder
- durch die rechnerische Bestimmung über die herstellerspezifischen Stückgewichte.

Die rechnerische Bestimmung ist mit keinen bzw. sehr geringen wägetechnischen Aufwendungen versehen. Jedoch ist mit großen Unsicherheiten bei den errechneten Ergebnissen zu rechnen. Die tatsächlichen Gerätegewichte müssen nicht den Herstellerangaben entsprechen (z.B. aufgrund von Variationen in der Geräteausweise, ausgetauschte oder entnommene Teile, etc.). Bei einer Verwiegung muss das Vorhandensein geeigneter Waagen gewährleistet sein bzw. deren Beschaffung und Betrieb kalkuliert werden.

5.2.2. Zusammenfassende Bewertung

Vorteilhaft beim Sichtungsverfahren ist der geringe Platzbedarf im Vergleich zu Sortierungen. Die Erfassung der Daten erfolgt durch internes, eingearbeitetes Personal und sollte, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, standardisiert erfolgen. Von einer hohen Belastbarkeit der Erhebungen bei hinreichend großem Stichprobenumfang ist auszugehen.

Als problematisch sind die relativ hohen Kosten für EDV sowie Personal (Einweisung und Durchführung) je Analyse bei ca. 1.450 Übergabestellen sowie

einer bisher nicht bekannten Anzahl von Annahmestellen zu nennen (vgl. Kapitel 6.2).

5.3. Hochrechnung EAG-Anteil auf Basis Herstellerangaben

Der individuelle Anteil eines Herstellers an der EAG-Menge lässt sich über folgende Angaben näherungsweise errechnen:

- in Verkehr gebrachte herstellerspezifische Stückzahl einer bestimmten Geräteart eines Herstellers (monatliche Meldung der Hersteller gemäß § 13 Abs. 1 ElektroG)
- stückspezifische Masse eines Gerätes (notwendig bei Anwendung des Massebezugs)
- durchschnittliche herstellerspezifische Nutzungsdauer der jeweiligen Geräteart (Angabe von allen Herstellern erforderlich)

Dabei gilt die Formel:

$$\text{Anteil}_{\text{Hersteller}_x} = \frac{\text{EAG}_{\text{Hersteller}_x, \text{ISTJahr-Nutzungsdauer}_x}}{\sum_{k=1}^n \text{EAG}_{\text{Hersteller}_k, \text{ISTJahr-Nutzungsdauer}_k}} \quad (\text{Gleichung 11})$$

$\text{Anteil}_{\text{Hersteller}_x}$ = Anteil der Herstellers x an den Elektroaltgeräten einer Geräteart eines bestimmten Jahres

$\text{EAG}_{\text{Hersteller}_x, \text{ISTJahr-Nutzungsdauer}_x}$ = Elektroaltgerätemenge einer Geräteart des Herstellers x, welche im IST-Jahr nach einer herstellerspezifischen Nutzungsdauer x anfallen wird

$\text{EAG}_{\text{Hersteller}_k, \text{ISTJahr-Nutzungsdauer}_k}$ = Gesamtmenge an Elektroaltgeräten einer Geräteart, welche unter Berücksichtigung der herstellerspezifischen Nutzungszeiten im IST-Jahr anfallen wird

Grundsätzlich stellt diese Methode eine einfache und rechnerisch einfach lösbare Methode zur Bestimmung des herstellerspezifischen Anteils dar.

Allerdings stehen einer Anwendung dieser Methodik objektive Nachteile entgegen, aufgrund derer eine weitere Berücksichtigung im Rahmen des Forschungsprojektes nicht erfolgen konnte:

- Die Methodik liefert im Ergebnis lediglich eine näherungsweise Abschätzung des tatsächlichen Anfalls, da die tatsächlichen Nutzungszeiten der Elektroaltgeräte in der Praxis von erwarteten Nutzungszeiten aufgrund von Defekt, technischer Neuerungen etc. abweichen.
- Die Einbeziehung herstellerspezifischer Angaben zu Nutzungszeiten widerspricht dem Objektivitätsgedanken, da die Hersteller ein Eigeninteresse

an der Festlegung von Nutzungszeiten und dem damit zu steuernden Anfall von Elektroaltgeräten haben können.

- Eine Plausibilitätsprüfung der angegebenen Nutzungszeiten ist ebenso, wie deren objektive Ermittlung durch unabhängige Dritte nur unter unverhältnismäßig hohen Aufwendungen umzusetzen. Darüber hinaus wäre bei einer Festlegung der Nutzungszeiten durch eine unabhängige Stelle mit einem erheblichen Abstimmungs- und Diskussionsbedarf mit der Herstellerseite zu rechnen.

5.4. Befragungen

Eine in der soziologischen Forschung etablierte Form der Datenerfassung ist die Befragung. Aus Sicht der Datenerhebung zum Entsorgungsverhalten bzgl. Elektro- und Elektronikaltgeräte lassen sich unter Eignungsgesichtspunkten zwei Formen der Befragung unterscheiden:

1. Befragung am Ort der Aktivität (Wertstoffhof, Annahmestelle)
2. Haushaltsbefragung

5.4.1. Befragung am Ort der Aktivität

Befragungen am Ort der Aktivität richten sich an Besucher von Wertstoffhöfen bzw. Annahmestellen, welche hinsichtlich ihres Nutzungs- und Entsorgungsverhaltens von Elektro- und Elektronikaltgeräten befragt werden sollen.

Befragungen am Ort der Aktivität können durchaus unterschiedlich durchgeführt werden. Grundsätzlich lässt sich zwischen einem mündlichen Interview sowie einer schriftlichen Befragung über das Austeiln von Fragebögen unterscheiden. Die Wahl der Befragungsform beeinflusst maßgeblich die Qualität der Stichprobe. Entscheidet man sich beispielsweise für mündliche Interviews nach Verlassen der Annahmestelle, so ist die Antwortbereitschaft u. U. sehr selektiv und gering und damit die Stichprobe sehr verzerrungsbehaftet.

In der Regel greift man bei derartigen Befragungen auf eine kombinierte Erhebungsform zurück, wie die Ausgabe schriftlicher Fragebögen am Ende eines mündlichen Kurzinterviews: Sie kann sich an alle Abfallanlieferer oder auch an bestimmte Teilkollektive richten. Auch der Zeitpunkt für die Befragung hat einen Einfluss auf die Qualität der Erhebung. So können die Besucher beim Betreten, während des Aufenthaltes oder beim Verlassen der Annahmestelle befragt werden. In der Regel werden derartige Befragungen während des Besuches

bzw. des Aufenthaltes innerhalb des Aktivitätsraumes durchgeführt. Bei später schriftlich ausgefüllten Fragebögen, z.B. kurz vor Verlassen oder beim Verlassen der Annahmestelle, können solche Gesichtspunkte besser berücksichtigt werden.

Insgesamt sind allerdings die dabei ermittelten Daten, da zwangsläufig das Nutzungs- und Entsorgungsverhalten über längere Zeiträume abgefragt werden muss, mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

Ein weiterer Nachteil ist, dass der an den Annahmestellen anzutreffende Personenkreis nicht repräsentativ ist. Bspw. werden Personen bzw. Haushalte, welche sich der Rücknahme von EAG entziehen, generell nicht von dieser Methodik erfasst. Des Weiteren muss der Anliefernde nicht zwangsläufig auch der Abfallerzeuger sein.

5.4.2. Haushaltsbefragungen

Die Methodik der Haushaltsbefragungen umfasst die Erhebung relevanter Daten direkt beim Haushalt. Es lassen sich verschiedene Methoden unterscheiden:

1. Mündlich-persönliche Verfahren (Besuchsinterview)
2. Telefonische Verfahren (Telefoninterview)
3. Schriftliche Verfahren (Fragebogen)

Grundsätzlich lässt die Kombination von schriftlich/telefonisch oder schriftlich/mündlich-persönlichen Verfahren die besten Ergebnisse erwarten.

Bei der Haushaltsbefragung ergeben sich allerdings Unsicherheiten, die daraus resultieren, dass eine Haushaltsbefragung immer eine Befragung einer Gruppe von Nutzern bzw. Erzeugern von EAG ist. Diese Unsicherheiten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- vorhandene Informationen sind Proxy-Informationen (Angaben von Bezugspersonen, bspw. Haushaltvorständen)
- für einen Teil der Haushaltsglieder ist demzufolge damit zu rechnen, dass wichtige Informationen fehlen
- grundsätzlich handeln im Rahmen der Verwendung und Entsorgung von Elektrogeräten Individuen und nur zum Teil Haushalte

Bei einmaligen Befragungen erinnern sich die Befragten i.d.R. nur an kürzlich zurückliegende Aktivitäten. Längere Zeiträume (bspw. ein Jahr) sind dadurch kaum reproduzierbar. Hier lassen sich fundiertere Aussagen durch die Verwendung von Entsorgungstagebüchern (ähnlich der Mobilitätstagebücher bei Verkehrserhebungen (vgl. SCHLICH ET AL., 2002)) über einen längeren Zeitraum er-

zielen. Allerdings ist auch dabei aufgrund der notwendigen telefonischen Anwerbung, Betreuung und gegebenenfalls auch einer Nachexploration ein erhöhter Aufwand zu berücksichtigen.

5.4.3. Zusammenfassende Bewertung

Die Erhebung von Primärdaten mittels Befragungen wurde im vorliegenden Forschungsvorhaben aus den nachfolgenden Gründen nicht weiter verfolgt:

- hoher personeller und damit finanzieller Aufwand steht
- erheblichen Unsicherheiten bei der Repräsentativität der einbezogenen Stichprobe sowie der Aussagekraft und statistischen Absicherung der erhobenen Primärdaten gegenüber.

5.5. *RFID Systeme*

Die grundlegende Idee von RFID-Systemen¹³ besteht darin, Produkte oder Gegenstände dauerhaft mit Informationen auf integrierten Mikrochips auszustatten. Diese werden berührungslos von Leseeinheiten („Reader“) mittels Radiowellen ausgelesen¹⁴. Im Bereich WEEE ist die Ausstattung von Elektroaltgeräten mit solchen Mikrochips („Transponder“, „Smart Labels“) als Träger von Informationen hinsichtlich Hersteller/Registrierungsnummer, Geräteart, Materialzusammensetzung, Schadstoffgehalt bis hin zu Zerlegeanleitungen für Aufbereitungsroboter vorstellbar. Mittels einer Datenschnittstelle („RFID-Middleware“) können die ausgelesenen Daten zu angeschlossenen EDV-Systemen gesandt werden.

RFID-Systeme werden derzeit in zahlreichen Anwendungen hinsichtlich ihrer Eignung geprüft. Die Ähnlichkeit von Smart Labels und EAG hinsichtlich ihrer stofflichen Zusammensetzung (Folien, Metall, Kunststoffe,...) lässt keine Probleme, z.B. durch erhöhte Schadstoffeinträge in den EAG-Strom, erwarten. Jedoch bestehen derzeit erhebliche Hemmnisse, welche die flächendeckende Anwendung bislang einschränken hinsichtlich:

- **Datenschutz:** Es ist fraglich, ob die RFID-Kennzeichnung von Geräten rechtlich überhaupt möglich ist. Bspw. könnte von außerhalb der Wohnung ermittelt werden, wer welche Geräte nutzt.

¹³ RFID = Radio Frequency Identification

¹⁴ Je nach eingesetztem Frequenzbereich beträgt die Auslesedistanz ca. ein bis wenige Meter.

- **Standardisierung:** Es fehlt derzeit an einem (europaweit) einheitlichen RFID-Standard, welcher die Chiparchitektur, Lesegeräte, Datenstruktur usw. umfasst. Diese Standardisierung ist bislang nicht erfolgt.
- **Auslesevorgang:** Derzeit ist nicht geklärt, unter welchen Bedingungen ein sicherer Auslesevorgang gewährleistet werden kann. Bspw. ist es nicht möglich, Sammelcontainer von außen auszulesen, da diese aus Metall sind. Hier bedarf es noch weiterer Entwicklung, um ein System zu finden, welches sowohl eine fehlerfreie Auslesung als auch die Vollständigkeit und Unzerstörtheit der EAG sowie die Funktionsfähigkeit der Chips gewährleistet.
- **Investitionskosten:** Ein (europaweiter) Aufbau der erforderlichen Infrastruktur hätte hohe Investitionskosten zur Folge. Dazu kommen die Kosten für die Chips und deren Implementierung in die Elektrogeräte selbst.
- **Vollständigkeit:** Da der Anteil der Geräte eines Herstellers an der eindeutig identifizierbaren Menge festgestellt werden muss, ist notwendige Voraussetzung für den Einsatz von RFID-Kennzeichnung, dass sie von allen Herstellern gleichermaßen eingeführt wird.

Daher ist zu vermuten, dass der Einsatz von RFID-Technologie zur **Ermittlung individueller Herstelleranteile** (Variante 1) unpraktikabel ist und ein sehr ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist. Weiterhin wäre dieser Ansatz nur anwendbar, wenn alle Hersteller ihre Neugeräte damit ausstatten, da zusätzlich zum Anteil eines individuellen Herstellers der Anteil nicht sortierbarer und identifizierbarer Geräte bestimmt werden muss, für den nach wie vor die kollektive Verantwortung aller Hersteller gilt.

Eine andere Möglichkeit (Variante 2) wäre, ein solches RFID-System mit einer **Hersteller-individuellen Entsorgungskostenabrechnung** zu verbinden. Damit könnte tatsächlich ein finanzieller Anreiz zu schadstoffarmen bzw. recyclinggerechten Produkten geschaffen werden, auch bei einem kollektiven Sammelsystem.

Allerdings besteht neben den bereits aufgeführten Problemen auch hier das Problem hoher Investitionskosten. Es kann erwartet werden, dass diese Zuzatzkosten die erzielbare Differenzierung der Entsorgungskosten egalisieren oder zur Zeit sogar weit übertreffen. Hier fehlt es allerdings noch an belastbaren Daten, um zu einer quantifizierten Aussage kommen zu können.

Noch weitergehend (Variante 3) wäre es möglich mit RFID einer **herstellerspezifische Sortierung** der Altgeräte tatsächlich physisch durchzuführen und dann auch herstellerindividuell zu behandeln. Damit wäre höchstmögliche Individualisierung erreicht und ein maximaler Anreiz zu verwertungsfreundlichem Produktdesign gegeben. Allerdings stellt sich die Frage nach der Praktikabilität, den Kosten und dem logistischen Aufwand einer solchen Lösung, da im Gegensatz zur derzeit praktizierten Lösung der gemeinsamen Erfassung ein erheblicher Aufwand zur Trennung und getrennten Verwertung der anfallenden Elektroaltgeräte zu betreiben wäre.

Die Varianten 2 und 3 wurden von KUHNHENN U. URBAN (2006) diskutiert. Dabei wurden erhebliche einmalige Investitionskosten für Deutschland in Höhe von 10 Mio. EURO für Variante 2 bzw. 2,3 Mio. bis 25 Mio. EURO je nach Anzahl benötigter Sammelstellen für Variante 3 aufgeführt.

Bei Variante 3 ist zudem im Vergleich zur derzeitigen Situation, bei der die Entsorgung der EAG aller Hersteller gebündelt wird, mit einem erhöhten logistischen Aufwand zu rechnen, wenn jeder Hersteller eigene Entsorgungswege nutzt. Aufgrund dieser Tatsache besteht bei der Anwendung dieser Option ein erhebliches technisch-organisatorisches Optimierungspotenzial, dessen Auschöpfung eine Abschätzung der dadurch verursachten Kosten unter heutigen Bedingungen unrealistisch erscheinen lässt. Die zu erwartende technische Weiterentwicklung dieser Identifikationssysteme lassen jedoch fallende spezifische Erkennungskosten erwarten. Die zukünftige Durchführung von Kosten-Nutzen-Analyse zum Einsatz von Smart Labels ist daher empfehlenswert.

6. Kostenschätzung für die Bestimmung individueller Herstelleranteile an EAG je Geräteart

6.1. Gesamtkosten der Sortierung

Die Kostenschätzung erfolgte auf Basis der Ergebnisse der im Abschnitt 5.1 beschriebenen Modelluntersuchung mit folgenden Kostensätzen:

- Lohnkosten Sortierleiter (Eckgehalt BDE-Tarif 2004¹⁵ mit 2,5 % jährlicher Steigerung, inkl. 21 % Arbeitgeberanteil)
 33.136 EURO/Jahr
- Reserve (12 % Urlaub, 6,5 % Krankheit)
 6.130 EURO/Jahr
- Hilfskraft für Sortierung (7,50 EURO/Std., inkl. 21 % Arbeitgeberanteil, keine Reserve)
 18.150 EURO/Jahr
- DV-Ausstattung (Laptop zur Datenaufnahme)
 1.500 EURO/Jahr
- Gemeinkostenanteil (100 % aller sonstigen Kosten (für Reisekosten, Rüst- und Fahrzeiten, Kfz-Kosten, Material, Verwaltung, Gewinn))

Für ein Sortierteam bestehend aus einem Sortierleiter sowie einer Hilfskraft können unter Maßgabe dieser Kostenansätze Gesamtkosten in Höhe von 117.832 EURO zu Grunde gelegt werden. Dies entspricht einem stündlichen Kostensatz von 58,92 EURO/Std.

Unter Ansatz der im Abschnitt 5.1 ermittelten Sortierzeiten lassen sich unter Berücksichtigung der Verteilung von „historischen“ und „neuen“ Elektroaltgeräten die in Tabelle 11 dargestellten Sortierzeiten je Container für die einzelnen Sammelgruppen ermitteln.

Tabelle 12: Sammelgruppenspezifische Sortierzeiten für jeweils einen Standardcontainer

	Zeitaufwand (h) pro Container	2007	2010	2015	2020	2025
SG1 (30 m³)						
Altgeräte "historisch"	5,0	100%	90%	40%	10%	0%

¹⁵ Verhandlungsergebnis über neue Tarifstruktur soll bis 30.06.2007 vorliegen (Verdi-Tarif-Info Private Abfallwirtschaft 07/2006)

	Zeitaufwand (h) pro Container	2007	2010	2015	2020	2025
Altgeräte "neu"	5,7	0%	10%	60%	90%	100%
Zeitaufwand pro Container (Std.)		5,0	5,1	5,4	5,6	5,7
SG2 (30 m³)						
Altgeräte "historisch"	4,7	100%	90%	40%	10%	0%
Altgeräte "neu"	5,3	0%	10%	60%	90%	100%
Zeitaufwand pro Container (Std.)		4,7	4,8	5,1	5,2	5,3
SG3 (30 m³)						
Altgeräte "historisch"	7,6	100%	35%	5%	0%	0%
Altgeräte "neu"	23,0	0%	65%	95%	100%	100%
Zeitaufwand pro Container (Std.)		7,6	17,6	22,2	23,0	23,0
SG4 (3 m³)						
Altgeräte "historisch"	10,0	100%	20%	0%	0%	0%
Altgeräte "neu"	15,0	0%	80%	100%	100%	100%
Zeitaufwand pro Container (Std.)		10,0	14,0	15,0	15,0	15,0
SG5 (30 m³)						
Altgeräte "historisch"	18,8	100%	70%	5%	0%	0%
Altgeräte "neu"	22,5	0%	30%	95%	100%	100%
Zeitaufwand pro Container (Std.)		18,8	19,9	22,3	22,5	22,5

Unter Einbeziehung der im Abschnitt 4 erläuterten Ansätze zur Ermittlung des Stichprobenumfangs ergeben sich die in den nachfolgenden Tabellen dargestellten jährlichen Gesamtkosten für die einzelnen Sammelgruppen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Ansätze zur Stichprobenermittlung.

Tabelle 13: Zeitliche Aufwendungen und Gesamtkostenabschätzung unter Berücksichtigung der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 1

SG1	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
Stichprobenumfang (Anzahl Container)	84	38	980	2448

SG1	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
Zeitaufwand 2007 (Std.)	420	190	4.900	12.240
Kosten 2007	24.745 €	11.194 €	288.690 €	721.135 €
Zeitaufwand 2010 (Std.)	426	193	4.969	12.411
Kosten 2010	25.091 €	11.351 €	292.731 €	731.231 €
Zeitaufwand 2015 (Std.)	455	206	5.312	13.268
Kosten 2015	26.823 €	12.134 €	312.940 €	781.710 €
Zeitaufwand 2020 (Std.)	473	214	5.517	13.782
Kosten 2020	27.863 €	12.605 €	325.064 €	811.998 €
Zeitaufwand 2025 (Std.)	479	217	5.586	13.954
Kosten 2025	28.209 €	12.761 €	329.106 €	822.094 €

Tabelle 14: Zeitliche Aufwendungen und Gesamtkostenabschätzung unter Berücksichtigung der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 2

SG2	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
Stichprobenumfang (Anzahl Container)	173	68	376	823
Zeitaufwand 2007 (Std.)	813	318	1.767	3.868
Kosten 2007	47.882 €	18.730 €	104.117 €	227.894 €
Zeitaufwand 2010 (Std.)	823	322	1.790	3.917
Kosten 2010	48.493 €	18.969 €	105.446 €	230.803 €
Zeitaufwand 2015 (Std.)	875	342	1.903	4.164
Kosten 2015	51.549 €	20.164 €	112.092 €	245.350 €
Zeitaufwand 2020 (Std.)	906	354	1.970	4.313
Kosten 2020	53.383 €	20.882 €	116.079 €	254.077 €
Zeitaufwand 2025 (Std.)	916	358	1.993	4.362
Kosten 2025	53.994 €	21.121 €	117.408 €	256.987 €

Tabelle 15: Zeitliche Aufwendungen und Gesamtkostenabschätzung unter Berücksichtigung der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 3

SG3	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
Stichprobenumfang (Anzahl Container)	320	117	380	842
Zeitaufwand 2007 (Std.)	2.434	887	2.888	6.399
Kosten 2007	143.391 €	52.275 €	170.150 €	377.017 €
Zeitaufwand 2010 (Std.)	5.639	2.056	6.692	14.828
Kosten 2010	332.252 €	121.126 €	394.256 €	873.588 €
Zeitaufwand 2015 (Std.)	7.119	2.595	8.447	18.718
Kosten 2015	419.418 €	152.903 €	497.689 €	1.102.774 €
Zeitaufwand 2020 (Std.)	7.365	2.685	8.740	19.366
Kosten 2020	433.946 €	158.199 €	514.928 €	1.140.972 €
Zeitaufwand 2025 (Std.)	7.365	2.685	8.740	19.366
Kosten 2025	433.946 €	158.199 €	514.928 €	1.140.972 €

Tabelle 16: Zeitliche Aufwendungen und Gesamtkostenabschätzung unter Berücksichtigung der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 4

SG4	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
Stichprobenumfang (Anzahl Container)	33	21	93	685
Zeitaufwand 2007 (Std.)	330	210	930	6.850
Kosten 2007	19.442 €	12.372 €	54.792 €	403.576 €
Zeitaufwand 2010 (Std.)	462	294	1.302	9.590
Kosten 2010	27.219 €	17.321 €	76.709 €	565.007 €
Zeitaufwand 2015 (Std.)	495	315	1.395	10.275
Kosten 2015	29.164 €	18.559 €	82.188 €	605.364 €

Zeitaufwand 2020 (Std.)	495	315	1.395	10.275
Kosten 2020	29.164 €	18.559 €	82.188 €	605.364 €
Zeitaufwand 2025 (Std.)	495	315	1.395	10.275
Kosten 2025	29.164 €	18.559 €	82.188 €	605.364 €

Tabelle 17: Zeitliche Aufwendungen und Gesamtkostenabschätzung unter Berücksichtigung der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 5

SG5	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
Stichprobenumfang (Anzahl Container)	84	38	367	1085
Zeitaufwand 2007 (Std.)	1.588	717	6.900	20.398
Kosten 2007	93.550 €	42.260 €	406.498 €	1.201.773 €
Zeitaufwand 2010 (Std.)	1.682	760	7.307	21.602
Kosten 2010	99.073 €	44.755 €	430.499 €	1.272.729 €
Zeitaufwand 2015 (Std.)	1.885	851	8.190	24.212
Kosten 2015	111.041 €	50.161 €	482.501 €	1.426.467 €
Zeitaufwand 2020 (Std.)	1.900	858	8.258	24.413
Kosten 2020	111.961 €	50.577 €	486.501 €	1.438.293 €
Zeitaufwand 2025 (Std.)	1.900	858	8.258	24.413
Kosten 2025	111.961 €	50.577 €	486.501 €	1.438.293 €

Es zeigt sich, dass die Ansätze des LfUG aufgrund des höheren Stichprobenumfangs die jeweils höchsten Kosten verursachen. Der verhältnismäßig hohen statistischen Sicherheit steht ein entsprechend hoher finanzieller Aufwand gegenüber. Die Ansätze des VKF und der LAGA liegen hinsichtlich der entstehenden Kosten weit unterhalb der Kosten des Ansatzes des LfUG, wobei der LAGA-Ansatz die kostengünstigste Variante darstellt. Die geschätzten Variations-

koeffizienten zeigen aber, dass dieser Ansatz nicht als statistisch abgesichert eingestuft werden kann.

Aufgrund des zunehmenden Anteils an „neuen“ Elektroaltgeräten in der Gesamtmenge steigt der Sortieraufwand entsprechend, da „neue“ Altgeräte einen höheren Sortieraufwand und den damit verbundenen Kosten bis hin zum letzten Identifizierungsschritt erfordern. Der wesentliche Anstieg ist bis zum Jahr 2015 zu erwarten. in den darauf folgenden Jahren nimmt der Anteil an „neuen“ Altgeräten nur noch langsam zu und nähert sich bis 2025 der 100 %-Marke. Die Entwicklung der Kosten für die Untersuchung ist beispielhaft für die Sammelgruppe 1 in Abbildung 11 sowie für die Sammelgruppe 4 in Abbildung 12 gezeigt.

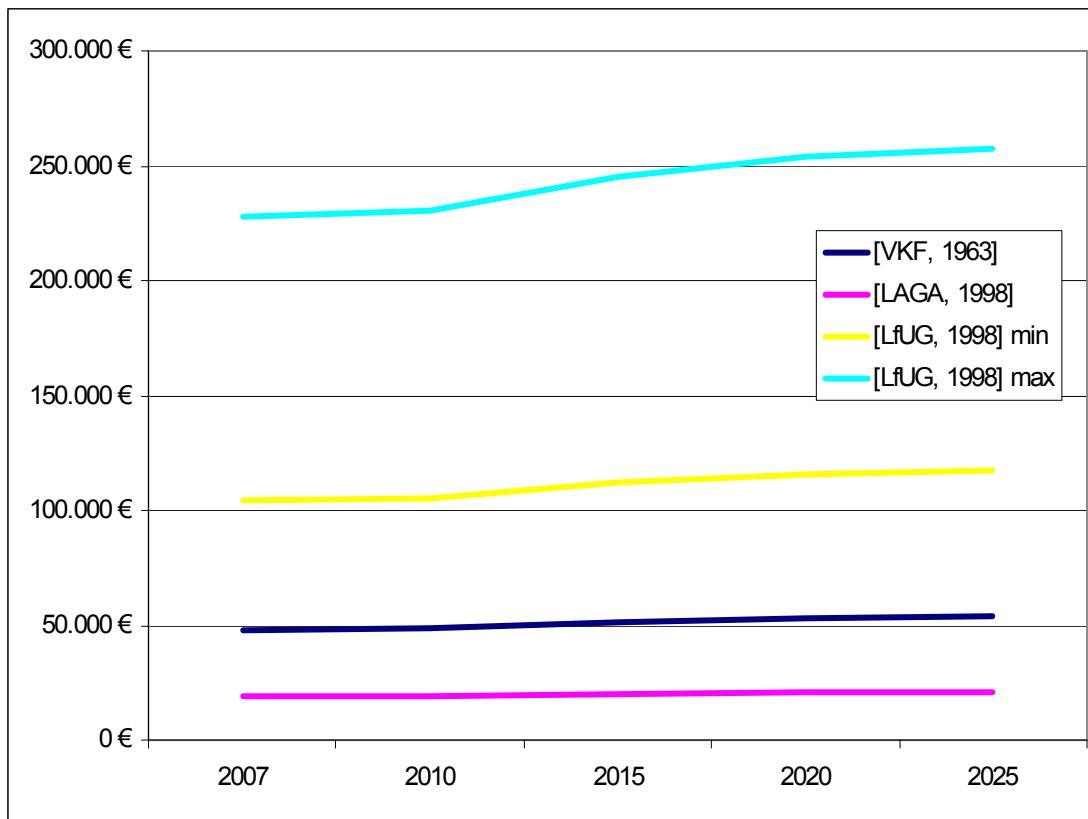


Abbildung 11: Entwicklung der Kosten der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 1

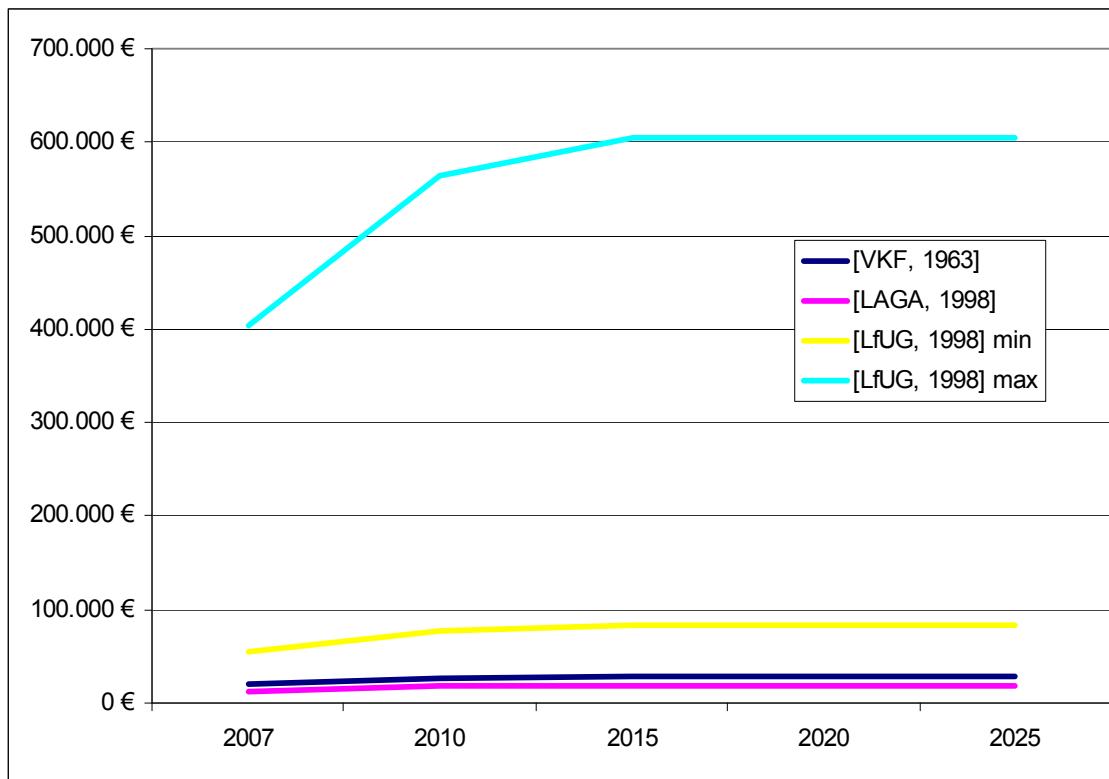


Abbildung 12: Entwicklung der Kosten der einzelnen Ansätze zur Stichprobenermittlung für die Sammelgruppe 4

6.2. Gesamtkosten der Sichtung

Die Kostenschätzung erfolgte auf Basis der Ergebnisse der im Abschnitten 5.2 beschriebenen Pilotuntersuchungen mit folgenden Kostensätzen:

- Lohnkosten Sichter (Eckgehalt BDE-Tarif 2004¹⁶ mit 2,5 % jährlicher Steigerung, inkl. 21 % Arbeitgeberanteil) 33.136 EURO/Jahr
- Reserve (12 % Urlaub, 6,5 % Krankheit) 6.130 EURO/Jahr
- DV-Ausstattung (Laptop zur Datenaufnahme) 1.500 EURO/Jahr

¹⁶ Verhandlungsergebnis über neue Tarifstruktur sollte bis 30.06.2007 vorliegen (Verdi-Tarif-Info Private Abfallwirtschaft 07/2006)

- Gemeinkostenanteil (20 % aller sonstigen Kosten (für Verwaltung, Gewinn))

Aus Sortieranalysen ist bekannt, dass die jährlichen Schwankungen des Abfallaufkommens innerhalb einer Region jahreszeitlichen Regelmäßigkeiten unterliegen. Insofern wird davon ausgegangen, dass es nicht erforderlich ist, die Sichtung ganzjährig an einer Annahmestelle durchzuführen. Vielmehr kann auf Basis eines regelmäßig über das Jahr verteilten Untersuchungsrhythmus von viermal vier Wochen auf das gesamte Jahresaufkommen an Elektroaltgeräten geschlossen werden.

Unter Ansatz dieser Kosten fallen bei einer 16-wöchigen Besetzung einer Annahmestelle pro Jahr 15.052 EURO pro Annahmestelle an.

Wie bereits im Abschnitt 5.2 erläutert, bietet sich für eine Sichtung als Schnittstelle die Annahmestelle an, an welcher der Bürger seine Elektroaltgeräte über gibt bzw. abgeholte Elektroaltgeräte angeliefert werden. Die Zahl der in der Bundesrepublik insgesamt vorhandenen Annahmestellen ist nicht bekannt. Bekannt ist, dass in der Bundesrepublik insgesamt ca. 1.450 Übergabestellen existieren, an welchen die durch die Hersteller beauftragten Entsorgungsunternehmen die vollen Container abholen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Zahl der Annahmestellen weitaus höher liegt, da zahlreiche öRE die an den Annahmestellen (meist Wertstoffhöfe) gesammelten Elektroaltgeräte zusammenfassen und an eigens eingerichteten Übergabestellen bereit halten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die nach den unterschiedlichen Ansätzen erforderliche Stichprobenzahl unter Maßgabe verschiedener Annahmen bzgl. der Anzahl der Annahmestellen. Da sich aus Kostengründen eine Pool-Lösung (Sichtung aller Sammelgruppen je Annahmestelle) für alle Sammelgruppen bietet, werden diese gemeinsam betrachtet, wobei immer die Sammelgruppe mit dem höchsten Stichprobenumfang maßgeblich für die Stichprobe der Annahmestellen für die Sichtung ist. Praktisch ist es auch möglich, eine einzelne Sammelgruppe je Annahmestelle zu betrachten, wobei es dabei zu sammelgruppenspezifisch unterschiedlichen, in der Gesamtbetrachtung allerdings für die Hersteller höheren Kosten kommt.

Tabelle 18: Erforderliche Stichprobenanzahl in Bezug auf unterschiedliche Annahmen bzgl. der Anzahl der Annahmestellen und unterschiedliche Ansätze zur Bestimmung des Stichprobenumfangs

Anzahl Annahmestellen	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
1.450	15	10	170	424
2.000	20	13	234	584
2.500	25	16	293	730
3.000	30	20	351	876

Unter Ansatz der o. g. Kostenstruktur ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten jährlichen Gesamtkosten für die Sichtung.

Tabelle 19: Gesamtkosten der Sichtung unter Bezug auf unterschiedliche Annahmen bzgl. der Anzahl der Annahmestellen und unterschiedliche Ansätze zur Bestimmung des Stichprobenumfangs

Anz. Annahmestellen	[VKF, 1963]	[LAGA, 1998]	[LfUG, 1998] min	[LfUG, 1998] max
1.450	218.256 €	150.522 €	2.558.866 €	6.382.112 €
2.000	301.043 €	195.678 €	3.522.203 €	8.790.456 €
2.500	376.304 €	240.834 €	4.410.280 €	10.988.070 €
3.000	451.565 €	301.043 €	5.283.305 €	13.185.684 €

Es zeigt sich, dass bei einer angenommenen Anzahl von 3.000 Annahmestellen in der Bundesrepublik, sich die jährlichen Gesamtkosten der Sichtung unter Zugrundelegung der Ansätze von VKF bzw. LAGA zwischen 300.000 € und 450.000 € bewegen. Legt man einen statistischen Bemessungsansatz des Mindeststichprobenumfangs nach [LfUG, 1998] zu Grunde, sind unwirtschaftlich hohe Kosten zu erwarten im Vergleich zu einer möglichen Mehrentsorgung nach der marktanteiligen Zuweisung von Abholkoordinationen.

7. Bewertung und Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Studie wurden Methoden verglichen, mit denen individuelle Herstelleranteile an der Elektroaltgerätemenge bestimmt werden können. Hin-

tergrund ist die Zuweisung der Rücknahmeverpflichtung zu einzelnen Herstellern gemäß § 14, Abs. 5, Satz 3 ElektroG.

Folgende Methoden wurden betrachtet: Sortieranalyse, Sichtung, Haushaltsbefragung und Hochrechnung auf Grundlage von Herstellerangaben. Zudem wurde der Einsatz von RFID-Technologie, die zur Automatisierung von Sichtung und Sortierung eingesetzt werden könnte, kurz diskutiert. Die Methoden wurden auf ihre praktische Durchführbarkeit inkl. der Bestimmung der Mindeststichprobemengen unter Anwendung verschiedener statistischer Ansätze und Abschätzung des technisch-organisatorischen Aufwands überprüft. Außerdem wurden die damit verbundenen finanziellen Aufwendungen abgeschätzt. Die angegebenen Kosten sind allerdings kalkulatorische Kosten. Durch eine Vergabe dieser Leistungen am Dienstleistungsmarkt werden sich Kostenspannen ergeben.

Aufgrund der Fragestellung, die sich aus dem ElektroG ergibt, kann die Grundgesamtheit und das Untersuchungsmerkmal festgelegt werden. Weiterhin ergibt sich aus den rechtlichen Grundlagen für solche Untersuchungen ein fünfstufiger Prüfplan der Untersuchungsmerkmale:

1. Ist das Gerät ein EAG nach ElektroG und gehört es tatsächlich der Sammelgruppe z an?
2. Wurde das Gerät nach dem 23. November 2005 in Verkehr gebracht? (neues Altgerät)
3. Wird das Gerät der Geräteart y zugeordnet?
4. Ist das Gerät sortierbar oder der Hersteller identifizierbar?
5. Wurde das Gerät vom Hersteller x hergestellt?

Oftmals werden für Stichprobenumfänge für Abfalluntersuchungen pauschal als prozentuale Anteile der Grundgesamtheit festgelegt. Alternativ lassen sich diese nach einem statistischen Ansatz unter Berücksichtigung der Streuung des Untersuchungsmerkmals festlegen. Diese statistischen Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes sind aufgrund fehlender Erfahrungen mit dem erst seit März 2006 bestehenden Erfassungssystem für Elektro- und Elektronikaltgeräte bislang unbekannt.

Um im Weiteren den organisatorischen und finanziellen Aufwand für eine Sortieranalyse bzw. Sichtung abzuschätzen, enthält Kapitel 4 Annahmen und Modellrechnungen auf Basis älterer Untersuchungen. Die festzulegende Mindest-

stichprobengröße für eine Untersuchung individueller Herstelleranteile variiert je nach Sammelgruppe. Stärker ist noch der Einfluss unterschiedlicher Berechnungsmodelle zur Mindeststichprobenanzahl zu bewerten. Die beiden pauschalen Festlegungen prozentual zum Aufkommen nach [VKF, 1963] und [LAGA, 1998] führen in jedem Fall zu deutlich geringen Stichprobenumfängen als der statistisch hergeleitete Ansatz nach [LfUG, 1998].

Die getroffenen Annahmen gehen von einer gleichmäßigen regionalen und zeitlichen statistischen Verteilung aus. Unter realen Bedingungen sind zur statistischen Absicherung voraussichtlich deutlich höhere Stichprobenumfänge erforderlich, da die Annahmen zur gleichmäßigen Verteilung mit der Realität nicht übereinstimmen. Diese Annahme muss anhand empirischer Untersuchungen (Pilotuntersuchung) überprüft werden.

Sämtliche durchgeführten Berechnungen sind als optimistische Schätzungen zu verstehen. Zur Erhöhung der Realitätsnähe und zur Entwicklung von Empfehlungen zur praktischen Umsetzung von Sortiermaßnahmen sind tiefer gehende praktische Untersuchungen unbedingt notwendig, z. B. die Feststellung zeitlicher/regionaler Verteilungen der EAG, Sicht- und Sortierzeiten unter realistischen Bedingungen, etc.

Folgende Problembereiche für die Umsetzung einer Kostenzuweisung entsprechend des tatsächlichen Anteils eines Herstellers an der erfassten Altgerätemenge durch Sortierung und Sichtung wurden identifiziert:

- Schon bei optimistischen Abschätzungen über den minimal notwendigen Untersuchungsumfang ergibt sich ein sehr hoher Sortieraufwand mit damit verbundenen Kosten.
- Der tatsächliche Untersuchungsumfang und belegbare Grundannahmen für zukünftige Analysen können nur auf Basis einer Pilotuntersuchung festgelegt werden
- Hinsichtlich der praktischen Durchführbarkeit von Sortierungen (Datenbereitstellung zur Probenahmeplanung, Zugriff auf Abfälle, Platzbedarf am Ort der Sortierung, Identifizierbarkeit der Geräte etc.) ergeben sich Zweifel an ihrer Machbarkeit und Umsetzung
- Mangelnde Identifizierbarkeit, Fehlwürfe etc. könnten zu Fehlallokationen oder „unfairen“ Kostenzuteilungen führen. Daraus ergibt sich die Gefahr der „Trittbrettfahrer-Problematik“.

Der prognostizierte hohe Aufwand und die damit verbundenen Kosten lassen jedoch ohnehin nicht erwarten, dass einzelne Hersteller in der Praxis die Variante „Sortierung“ wählen, solange sich nicht ein größerer Kreis an Herstellern findet, welcher diese Option unter Kostenteilung nutzt.

Die Wirtschaftlichkeit von Sortierkampagnen entscheidet sich demzufolge an der Anzahl der teilnehmenden Hersteller (Fondsbildung) und der damit verbundenen Senkung der herstellerspezifischen Entsorgungskosten. Diese ergeben sich aus der Anzahl der notwendigen Abholungen je Sammelgruppe so wie der Entsorgungskosten je Sammelgruppe. Für historische Altgeräte sowie nicht identifizierbare Anteile besteht, unabhängig von der Feststellung herstellerindividueller Anteile in der Altgerätemenge, weiterhin die kollektive Verpflichtung der Verwertung und ordnungsgemäßen Beseitigung. Da auf Grund der langen Lebensdauer der Geräte auch in den nächsten Jahren signifikante Anteile historischer EAG zu erwarten sind, ist nicht davon auszugehen, dass für Hersteller signifikante Anreize zur Finanzierung einer Untersuchung individueller Herstelleranteil in der EAG-Menge bestehen. Dies wäre nur der Fall, wenn sich über diese Variante Entsorgungskosten durch eine Reduktion der Abholverpflichtung in erheblichem Maße einsparen ließen.

In den Betrachtungen über Alternativen zur Sichtung und zur Sortierung wird deutlich, dass die Varianten Haushaltsbefragung sowie Hochrechnungen basierend auf Herstellerangaben zur Feststellung der individuellen Anteile wegen des hohen personellen Aufwands und erheblicher statistischer Unsicherheiten vermutlich nicht praktikabel sind.

Da für einige Sammelgruppen (z.B. SG 1) bei der Verwertung keine Kosten sondern Erlöse anfallen, ist hier bei steigenden Wertstoffpreisen mit einer noch geringeren Anreizwirkung zur Wahrnehmung individueller Herstellerverantwortung zu rechnen.

Der Einsatz von RFID-Systemen zur Feststellung der individuellen Produktverantwortung ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht empfehlenswert. Hinsichtlich der Entwicklung einheitlicher Chip-Standards, zuverlässiger Auslesevorgänge oder zum Datenschutz besteht noch erheblicher Entwicklungs- und Abstimmungsbedarf. In Zukunft könnten RFID-Systeme jedoch bei einer positiven Kosten-Nutzen-Analyse eine Option darstellen.

Abschließend ist nochmals festzuhalten, dass die zwei dem Hersteller offen stehenden Varianten zur Berechnung der Abholverpflichtungen sich auf prozentuale Anteile unterschiedlicher Grundgesamtheiten beziehen. Fall A (§14 Abs. 5 Satz 3 Nr.2) ist der Anteil an der heute in Verkehr gebrachten Menge einzelner Hersteller an der Gerätемenge einer Gerätart. In Fall B (§14 Abs. 5 Satz 3 Nr.1) wird der Anteil in der heutigen anfallenden Abfallmenge einer Gerätart in der Abholkoordination durch Sortierung oder andere Methoden bestimmt. Dies erfasst nicht Anteile, die über Eigenrücknahme von Herstellern, Selbstvermarktung der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger oder über illegale Entsorgung im Restabfall entsorgt werden.

Dadurch können sich die festgestellten Anteile individueller Hersteller je nach angewandter Bemessungsmethode deutlich voneinander unterscheiden, was die Berechnung der Abholkoordination durch die EAR beeinflusst. Für die zukünftige Fortschreibung der Instrumente zur Abholkoordination ist dies zu berücksichtigen. Ebenso sollte gesetzlich geregelt werden, wie Fehlmengen in den Sammelcontainern, d.h. Nicht-EAG sowie EAG in falschen Sammelgruppen, den Herstellern zugewiesen werden.

8. Literatur

- [BDE, 2007]: Angaben von Herrn Dr. Rainer Cosson, Geschäftsführer des BDE, Workshop „Das ElektroG und die Praxis“, TU Dresden, 29.03.2007
- [BMU, 2005] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Hinweise zum Anwendungsbereich des Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) vom 24. Juni 2005
http://www.bmu.de/files/abfallwirtschaft/downloads/application/pdf/elektrog_hinweise.pdf
(gelesen am 14.07.2007)
- [BVSE, 1998] Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (BVSE): Elektronikschrottrecycling – Fakten, Zahlen und Verfahren“. Informationsschrift der bvse- recyconsult GmbH. Bonn, 1998
- [BVSE, 2003] Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (BVSE): Verwertung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten. Das RECYCLINGnetz. BVSE, Rheinbach, 2003
- [DIN 51701 - Teil 2]: Prüfung fester Brennstoffe Probenahme und Probenvorbereitung - Durchführung der Probennahme - 8/1985
- [EAR, 2005] Stiftung Elektro-Altgeräte Register [Hrsg.]: Veröffentlichung der Berechnungsweise nach § 14 Abs. 5 sowie Abs. 6 Satz 1 ElektroG.
http://www.stiftung-ear.de/www.stiftung-ear.de/content/e47/e1044/e1055/051123Berechnungsweise_ger.pdf Fürth, 2005. Gesehen am: 26.4.2007
- [Hafkesbrink et al., 1998] Hafkesbrink, J.; Halstrick-Schwenk, M.; Löbbecke, K: Abschätzung der innovativen Wirkungen umweltpolitischer Instrumente in den Stoffströmen Elektroaltgeräte Elektronikschrott. RWI Essen, Essen, 1998
- [Hanke et al., 2001] Hanke, M., Ihrig, Ch., Ihrig, D. F.: Stoffbelastung beim Elektronikschrott- Recycling. Gefährliche Arbeitsstoffe GA 58. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin, 2001
- [IFEU, 2005] Müller, B.; Giegrich, J.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland – Fallbeispiel Elektro- und Elektronikaltgeräte. UFO-Plan-Vorhaben des Umweltbundesamtes, Endbericht. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg, Juni 2005
- [Intecus, 2007] Wagner, J.: Interne Erhebung der Intecus Dresden GmbH, Dresden, 2007
- [Klatt, 2006]: Mündliche Auskunft von Herrn Stefan Klatt, 15.06.2006
- [Koller et al., 2006] Matthias Koller, Christiane Schnepel, Annett Weiland: Viel zu schade für die Mülltonne – Elektrogesetz., Müll und Abfall 4 06, S. 186-189

- [Kunhhenn, 2006] Kuhnhen, K. u. A. I. Urban: Individuelle Produktverantwortung für Elektroaltgeräte – Durch RFID zum Ziel?; In: Müll und Abfall 12/2006, S. 638-644
- [LAGA PN 98] Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [Hrsg.]: Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen.- 12/2001.
- [LfUG, 1998] Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen. Eigenverlag, Dresden, 1998.
- [Lindhqvist & Lifset, 2003] Lindhqvist, T., Lifset, R.: "Can We Take the Concept of Individual Producer Responsibility from Theory to Practice?" Journal of Industrial Ecology Volume 7, Number 2, 3-6
- [OECD, 2001] OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. Extended Producer Responsibility : A Guidance Manual for Governments / - Paris : OECD, 2001
- [OECD, 2004] Organisation for Economic Co-operation and Development: Economic Aspects of Extended Producer Responsibility / - Paris : OECD, 2004.
- [OECD, 2005] Organisation for Economic Co-operation and Development: Analytical framework for evaluating the costs and benefits of extended producer responsibility programmes. ENV/EPOC/WGPR(2005)6/FINAL, 03 March 2005, [http://appli1.oecd.org/olis/2005doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/813ea40ef5098321c1256fb9004dd528/\\$FILE/JT00179671.PDF](http://appli1.oecd.org/olis/2005doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/813ea40ef5098321c1256fb9004dd528/$FILE/JT00179671.PDF). Gesehen Juni 2007
- [Rasemann, 1993] Rasemann, W.: Brauchen wir eine Probenahmeforschung für die Abfall- und Entsorgungswirtschaft? In: Müll und Abfall Nr. 6 (1993); S. 460-469
- [Rotter *et al.*, 2006] Rotter, S.; Janz, A.; Bilitewski, B.: Charakterisierung elektrischer und elektronischer Altgeräte (EAG) - 1. Teil: Mengenprognosen und Zusammensetzung von Kleingeräten. Müll und Abfall (2006) 7, pp. 365-373
- [Sachs & Hederich, Hedderich, 2006] Sachs, L, Hederich, J.: Angewandte Statistik, Methodensammlung mit R. Springer-Verlag Berlin, 2006.- 12. Auflage.
- [Schlich, 2002] Schlich, R., Simma, A., Rüssli, P. u. K. W. Axhausen (2002): Entwicklung eines Tagebuchs zur Erhebung von Freizeitverhalten (Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung 121); Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Straßen- und Eisenbahnbau (IVT), ETH Zürich.
- [Schönekerl, 2007] Mündliche Auskunft von Herrn Manfred Schönekerl, Stadtreinigung Dresden, 07.03.2007
- [Storm, 2001] Storm, R.: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag München Wien, 2001.- 11. Auflage.

- [Thomsen, 1998] Thomsen, S.: *Produktverantwortung : rechtliche Möglichkeiten und Grenzen einer Kreislaufwirtschaft* / Silke Thomsen. - 1. Aufl.. - Baden-Baden : Nomos-Verl.-Ges., 1998. - 312 S. (Forum Umweltrecht ; Bd. 25)
- [UBA, 2002] Umweltbundesamt, IFEU-Institut: Erfasstes Abfallaufkommen an Elektroaltgeräten aus Abfallbilanzen der Bundesländer in t. Eigene Zusammenstellung auf Basis von Angaben der Bundesländer 2002
- [Utermöhlen & Gotthardt, 2005] Utermöhlen, R. und Gotthardt, T.: *Stoffstrommanagement durch das ElektroG“*; Müll und Abfall 12 05 (2005), S. 631-636
- [van Rossem et al., 2006] van Rossem, C. , Tojo, N., Lindhqvist, T. (2006): *Extended Producer Responsibility - An examination of its impact on innovation and greening products*. Report commissioned by Greenpeace International, Friends of the Earth and the European Environmental Bureau (EEB). <http://www.greenpeace.org/eu-unit/press-centre/reports/extendend-producer-responsibil>. Gesehen Juni 2007
- [Veerman, 2004] Veerman, K.: *Revised Stance on Producer Responsibility in Waste Policy in the Netherlands*; In: *Economic Aspects of Extended Producer Responsibility* OECD, Paris 2004, Seite 149
- [VKF, 1963] Merkblatt M 4 des Verbandes kommunaler Fuhrpark- und Stadtreinigungsbetriebe (VKF) und der Arbeitsgemeinschaft für kommunale Abfallwirtschaft (AkA), 10 /1963 in B. Jäger: *Bestimmung der Zusammensetzung fester Abfälle, Müll-Handbuch, Kennzahl 1720*, Lieferung 3/88, Erich Schmidt-Verlag Berlin.
- [Wissing, 1995] Wissing, F.-J.: *Lösungskonzept der deutschen Elektroindustrie für die Verwertung und Entsorgung elektrotechnischer und elektronischer Geräte*. In: Schimmelpfeng, L.; Huber, R. (Hrsg.): *Elektrik-, Elektronikschrott, Datenträgerentsorgung*. Berlin: Springer, 1995
- [ZVEI, 2006] Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI): *Elektro- und Elektronik-Altgeräte - Erwartete Mengen von Altgeräten, die ab 2005 über öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (Kommunen) und freiwillige Rücknahmeverträge von Herstellern zurückgegeben werden*. Internet page www.zvei.de, September 2006

9. Anhänge

Anhang A: Liste der Gerätearten, Annahme der Lebensdauer und Berechnung von Stückzahlen je Geräteart und Container einer Sammelgruppe

Tabelle 20: Annahmen und Ergebnisse zur Berechnung von Stückzahlen je Geräteart und Container einer Sammelgruppe

SG	Geräteart	Anzahl von Geräten pro Container (Stk.)	Lebensdauer ¹⁷ (Jahre)	Ab wann sind 90 % der anfallenden EAG neue Altgeräte?	Anzahl von neuen Geräten pro Container (Stk.)				
					2007	2010	2015	2020	2025
1	Andere Haushaltsgroßgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	74,9	10	2019	0,22	3,22	36,3	71,1	74,9
	Automatische Ausgabegeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	0,09	5	2013	0	0,04	0,09	0,09	0,09
2	Kältegeräte, Klimageräte, Ölradiatoren für die Nutzung in privaten Haushalten	80	10	2019	0,23	3,44	38,7	75,9	79,9
3	Cameras (Photo)	210	2	2008	86,1	210	210	210	210
	Datensichtgeräte	96	3	2009	9,1	94,7	96	96	96
	Mobil-Telefone	840	3	2010	79,7	828	840	840	840
	'Persönliche' Datenverarbeitung	201,6	3	2010	19,1	199	202	202	202
	'Persönliche' Telekommunikationsgeräte	420	5	2012	7,09	197	420	420	420
	'Persönliches' Drucken von Daten und Übermittlung gedruckter Daten	98	3	2010	9,29	96,6	98	98	98
	TV-Geräte	89,6	7	2015	0,6	13,8	82,2	89,6	89,6
	Übrige Geräte der Unterhaltungselektronik (mit Ausnahme von TV-Geräten)	315	7	2015	2,09	48,6	289	315	315
4	Gasentladungslampen für die Nutzung in privaten Haushalten	2000	5	2013	33,8	936	1999	1999	1999
5	Haushaltskleingeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	1440,5	7	2015	9,57	222	1321	1440	1440
	Werkzeuge für die Nutzung in privaten Haushalten	236,5	7	2015	1,57	36,5	217	236	236
	Spielzeug für die Nutzung in privaten Haushalten	559	5	2013	9,43	262	559	559	559

¹⁷ Nach [Rotter et. al, 2006]

	Sport- und Freizeitgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	30,1	7	2015	0,2	4,64	27,6	30,1	30,1
	Medizinprodukte für die Nutzung in privaten Haushalten	86	7	2015	0,57	13,3	78,9	86	86
	Überwachungs- und Kontrollinstrumente für die Nutzung in privaten Haushalten	86	7	2015	0,57	13,3	78,9	86	86

Anhang B: Berechnung von Stückzahlen je Hersteller, Geräteart und Container einer Sammelgruppe

Tabelle 21: Annahmen und Ergebnisse zur Berechnung von Stückzahlen je Hersteller, Geräteart und Container einer Sammelgruppe

SG	Geräteart	Anzahl re-gistrirter Hersteller ¹⁸	Anzahl von Geräten pro Container	Lebens-dauer	Durchschnittliche Anzahl von neuen Geräten pro Hersteller pro Container				
					2007	2010	2015	2020	2025
1	Andere Haushaltsgroßgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	172	74,9	10	0	0,02	0,21	0,41	0,44
	Automatische Ausgabegeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	1	0,09	5	0	0,04	0,09	0,09	0,09
2	Kältegeräte, Klimageräte, Ölradiatoren für die Nutzung in privaten Haushalten	114	80	10	0	0,03	0,34	0,67	0,7
3	Kameras (Photo)	110	210	2	0,78	1,91	1,91	1,91	1,91
	Datensichtgeräte	87	96	3	0,1	1,09	1,1	1,1	1,1
	Mobil-Telefone	57	840	3	1,4	14,5	14,7	14,7	14,7
	'Persönliche' Datenverarbeitung	656	201,6	3	0,03	0,3	0,31	0,31	0,31
	'Persönliche' Telekommunikationsgeräte	243	420	5	0,03	0,81	1,73	1,73	1,73
	'Persönliches' Drucken von Daten und Übermittlung gedruckter Daten	54	98	3	0,17	1,79	1,81	1,81	1,81
	TV-Geräte	132	89,6	7	0	0,1	0,62	0,68	0,68
	Übrige Geräte der Unterhaltungselektronik (mit Ausnahme von TV-Geräten)	730	315	7	0	0,07	0,4	0,43	0,43
4	Gasentladungslampen für die Nutzung in privaten Haushalten	184	2000	5	0,18	5,09	10,9	10,9	10,9
5	Haushaltkleingeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	716	1440,5	7	0,01	0,31	1,84	2,01	2,01
	Werkzeuge für die Nutzung in privaten Haushalten	315	236,5	7	0	0,12	0,69	0,75	0,75
	Spielzeug für die Nutzung in privaten Haushalten	251	559	5	0,04	1,04	2,23	2,23	2,23
	Sport- und Freizeitgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	207	30,1	7	0	0,02	0,13	0,15	0,15
	Medizinprodukte für die Nutzung in privaten Haushalten - B2C -	166	86	7	0	0,08	0,48	0,52	0,52
	Überwachungs- und Kontrollinstrumente für die Nutzung in privaten Haushalten	209	86	7	0	0,06	0,38	0,41	0,41

¹⁸ Die Anzahl der registrierten Hersteller wurde von der Internetseite der EAR (Stand 19.04.2007) abgefragt

Anhang C: Berechnung des Variationskoeffizienten des Untersuchungsmerkmals je Geräteart

Tabelle 22: Annahmen und Ergebnisse zur Berechnung des Variationskoeffizienten des Untersuchungsmerkmals je Geräteart

SG	Geräteart	Anzahl von Geräten pro Container	Variationskoeffizient des Untersuchungsmerkmals				
			2007	2010	2015	2020	2025
1	Andere Haushaltsgroßgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	74,9	2795%	717%	176%	n.a.	n.a.
	Automatische Ausgabegeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	0,09	2562%	467%	305%	305%	305%
2	Kältegeräte, Klimageräte, Ölradiatoren für die Nutzung in privaten Haushalten	80	2200%	559%	n.a.	n.a.	n.a.
3	Kameras (Photo)	210	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Datensichtgeräte	96	278%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Mobil-Telefone	840	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Persönliche' Datenverarbeitung	201,6	569%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	'Persönliche' Telekommunikationsgeräte	420	569%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	'Persönliches' Drucken von Daten und Übermittlung gedruckter Daten	98	203%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	TV-Geräte	89,6	1483%	278%	n.a.	n.a.	n.a.
4	Gasentladungslampen für die Nutzung in privaten Haushalten	2000	194%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Haushaltkleingeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	1440,5	854%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Werkzeuge für die Nutzung in privaten Haushalten	236,5	1409%	262%	n.a.	n.a.	n.a.
	Spielzeug für die Nutzung in privaten Haushalten	559	497%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Sport- und Freizeitgeräte für die Nutzung in privaten Haushalten	30,1	3215%	653%	239%	227%	227%
	Medizinprodukte für die Nutzung in privaten Haushalten - B2C -	86	1699%	327%	n.a.	n.a.	n.a.
	Überwachungs- und Kontrollinstrumente für die Nutzung in privaten Haushalten	86	1908%	373%	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : nicht abgeschätzt

Der Variationskoeffizient wurde nicht abgeschätzt, weil die durchschnittliche Anzahl von neuen Altgeräten pro Hersteller \bar{x} größer als 0,3 ist.

