

Umweltforschung in Baden-Württemberg

Abschlussbericht

**Recyclinggerechte Produktkonzeption von Elektro-
und Elektronikgeräten - Erstellung eines
Kriterienkataloges zur Bemessung und dessen
praktische Anwendung**

von

Sabine Bartnik, Stephan Löhle, Mareen Müller, Martina Kerkhoff
cyclos GmbH, Osnabrück

Förderkennzeichen: L75 13001

Laufzeit: 1.2.2013 – 15.10.2013

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg
durchgeführt.

Oktober 2013

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Anlass und Zielsetzung | 7 |
| 2 | Rechtliche Rahmenbedingungen | 10 |
| 2.1 | Direkt ableitbare Anforderungen an eine recyclinggerechte Konzeption | 12 |
| 2.2 | Indirekt ableitbare Anforderungen an eine recyclinggerechte Konzeption | 12 |
| 3 | Bestehende Verfahren, Standards und aktuelle Aktivitäten zur Bestimmung von Kriterien einer recyclinggerechten Konzeption | 14 |
| 3.1 | Umweltzeichen „Blauer Engel“ – Merkmal „weil recyclinggerecht“ | 14 |
| 3.2 | ONR 192102 „Nachhaltigkeitssiegel für reparaturfreundlich konstruierte Elektro- und Elektronik-Geräte“ | 16 |
| 3.3 | VDI-Richtlinie 2243 „Recyclingorientierte Produktentwicklung“ | 17 |
| 3.4 | PAS 1049 „Der Recyclingpass“ | 19 |
| 3.5 | Projekt „Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRess)“ | 19 |
| 3.6 | Projekt „Weiterentwicklung der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten am Beispiel von Elektro- und Elektronikgeräten (RePro)“ | 20 |
| 3.7 | Projekt „Disassembly Analysis of Slates: Design for Repair an Recycling Evaluation“ | 21 |
| 4 | Erstellung eines Kriterienkataloges | 22 |
| 4.1 | Vorgehensweise | 22 |
| 4.2 | Festgelegter Kriterienkatalog | 22 |
| 5 | Auswahl zu betrachtender Gerätearten | 25 |
| 5.1 | Gründe für die Geräteartenauswahl | 25 |
| 5.2 | Kriterien bei der Auswahl der Produktbeispiele | 28 |
| 5.3 | Beschaffung und Sichtung der Produktbeispiele | 29 |
| 5.4 | Ausgewählte Produktbeispiele | 30 |
| 6 | Praktische Untersuchungen (Demontagen) | 33 |
| 6.1 | Anforderungen an die Demontage der ausgewählten Produktbeispiele | 33 |
| 6.2 | Umsetzung der Demontagen | 33 |
| 6.3 | Ergebnisse und Erkenntnisse der Demontagen | 34 |
| 6.3.1 | Ergebnisse der Produktbeispiele Rasierapparate | 34 |
| 6.3.2 | Ergebnisse der Produktbeispiele LCD-Computermonitore | 38 |
| 6.3.3 | Ergebnisse der Produktbeispiele Smartphones | 43 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.3.4 | Ergebnisse der Produktbeispiele Akku-Schrauber..... | 49 |
| 7 | Gewichtung des Kriterienkataloges | 53 |
| 7.1 | Gewichtung nach rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG | 54 |
| 7.1.1 | Auslegung des Rechtstextes | 54 |
| 7.1.2 | Festlegung der rechtlichen Gewichtung gemäß § 4 ElektroG..... | 57 |
| 7.2 | Gewichtung nach technischen Anforderungen | 60 |
| 7.2.1 | Definition der technischen Anforderungen | 60 |
| 7.2.2 | Festlegung der technischen Gewichtung | 62 |
| 7.2.3 | Festlegung von Grenzwerten bei der Auswertung der Gerätearten | 64 |
| 7.3 | Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher..... | 65 |
| 7.3.1 | Rechtliche Grundlagen..... | 65 |
| 7.3.2 | Festlegung der Bewertung | 66 |
| 8 | Auswertung der Produktbeispiele..... | 68 |
| 8.1 | Rasierapparate..... | 68 |
| 8.1.1 | Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG..... | 68 |
| 8.1.2 | Technische Auswertung | 69 |
| 8.1.3 | Bewertung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher..... | 70 |
| 8.2 | LCD-Computermonitore | 71 |
| 8.2.1 | Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG..... | 71 |
| 8.2.2 | Technische Auswertung | 72 |
| 8.3 | Smartphones | 73 |
| 8.3.1 | Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG..... | 73 |
| 8.3.2 | Technische Auswertung | 74 |
| 8.3.3 | Bewertung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher..... | 76 |
| 8.4 | Akku-Schrauber | 78 |
| 8.4.1 | Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG..... | 78 |
| 8.4.2 | Technische Auswertung | 78 |
| 8.4.3 | Bewertung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher..... | 79 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 9 | Recyclinggerechte Produktkonzeption im Kontext der derzeitigen Verwertungspraxis..... | 81 |
| 10 | Recyclinggerechte Produktkonzeption im Kontext zur Obsoleszenz von Elektro(nik)produkten..... | 86 |
| 11 | Zusammenfassung..... | 89 |
| 11.1 | Verwertung der Untersuchungsergebnisse | 93 |
| 11.2 | Ausblick – weiterführende Untersuchungen | 94 |
| | Literaturverzeichnis | 96 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1: | Beispiel Umweltzeichen Blauer Engel, Liste mit ausgewählten Elektro(nik)geräten, Merkmal „weil recyclinggerecht“ | 14 |
| Abbildung 2: | Kennzeichnung Nachhaltigkeitssiegel ONR 192102 | 16 |
| Abbildung 3: | Beispiel für die Umsetzung der Kennzeichnungspflicht gemäß § 7 ElektroG mit Angabe des Herstellungsdatums (Typenschild eines LCD-Computermonitors) | 28 |
| Abbildung 4: | Datenblatt (blanko) für die Sichtung und Aufnahme der festgelegten Produktbeispiele im Vorfeld der Demontagen | 30 |
| Abbildung 5: | Gesteckte Akkumulatoren (links); verlöteter Akkumulator (rechts) | 35 |
| Abbildung 6: | Eingelegter Motor mit gesteckten Kabelverbindungen (links); gesteckte Leiterplatte (Mitte); mit Trägerschale fest verbundene Leiterplatte (rechts) | 36 |
| Abbildung 7: | Eingeschobener Motor mit gesteckten Kontakten zur Leiterplatte (links); Leiterplatte mit jeweils verlöteten Kabelverbindungen (rechts) | 36 |
| Abbildung 8: | Konsole des Monitorfußes, Kunststoffplatte wärmebehandelt an Fe-Bauteil angebracht (links); beim Lösen wird die Verbindung am Kunststoffbauteil beschädigt (Mitte); Kunststoffverbindungen brechen beim Lösen der Stabilisatoren (rechts) | 39 |
| Abbildung 9: | Entfernen der Netzteilleiterplatten (links); neben Verschraubung mit Kunststoffstiften gesichert, die beim Ablösen zerstört werden müssen (Mitte) | 40 |
| Abbildung 10: | Entnahme des Akkumulators zerstörungsfrei ohne Werkzeug | 43 |
| Abbildung 11: | Entnahme des Akkumulators mit Spezialwerkzeug, hier Spezialverschraubung | 44 |
| Abbildung 12: | Öffnen der Spezialverschraubung, hier aufgebohrt, da das Spezialwerkzeug bei Demontage nicht vorlag (links); Aufschieben der Rückseite (rechts) | 44 |
| Abbildung 13: | Abnehmen der Rückseite (links); Lösen des Akkumulators (fixiert mit Klebeverbindung), hier Lösen der Elektroniksteckverbindung (rechts) | 44 |
| Abbildung 14: | Abhebeln des geklickten und zusätzlich verklebten Touchscreens (links), dabei wird Touchscreen-Einheit beschädigt; Ablösen des Touchscreens (Mitte); Klebeverbindungen zwischen Touchscreen und verbleibendem Elektronikträger (rechts) | 45 |
| Abbildung 15: | Gehäuseschale, frei von Elektronikbaugruppen (links); Gehäuseschale mit fest verbauten Elektronikbaugruppen und | |

| | | |
|---------------|---|----|
| | Akkumulatorträgerschale aus Aluminium, die mittels wärmebehandelter Kunststoffnieten fest mit Gehäuse verbunden ist (rechts)..... | 45 |
| Abbildung 16: | Aluminiumblende, flächig verklebt an Touchscreen..... | 46 |
| Abbildung 17: | Lösen von Steckverbindungen zwischen den einzelnen Leiterplatten, flächig verklebtes Masseband verhindert zerstörungsfreies Entnehmen (links); Masseband und Klebeverbindungen (rechts)..... | 47 |
| Abbildung 18: | Gesteckter Akkumulator außen (links); innenliegender verlöteter Akkumulator (rechts) | 49 |
| Abbildung 19: | Motor durch Steckverbindung von Schraubkopf trennbar (links); Schalteinheit durch Steckverbindung von Motor trennbar (rechts) | 50 |
| Abbildung 20: | Leiterplatte mit jeweils verlöteten Kabelverbindungen zu Akkumulator und Schalteinheit..... | 51 |
| Abbildung 21: | Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (Rasierapparate) | 69 |
| Abbildung 22: | Grafische Darstellung der technischen Auswertung (Rasierapparate)..... | 70 |
| Abbildung 23: | Bewertung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher (Rasierapparate) | 71 |
| Abbildung 24: | Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (LCD-Computermonitore) | 72 |
| Abbildung 25: | Grafische Darstellung der technischen Auswertung (LCD- Computermonitore)..... | 73 |
| Abbildung 26: | Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (Smartphones) | 74 |
| Abbildung 27: | Grafische Darstellung der technischen Auswertung (Smartphones)..... | 76 |
| Abbildung 28: | Bewertung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher (Smartphones) | 77 |
| Abbildung 29: | Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (Akku-Schrauber)..... | 78 |
| Abbildung 30: | Grafische Darstellung der technischen Auswertung (Akku- Schrauber)..... | 79 |
| Abbildung 31: | Bewertung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher (Akku-Schrauber) | 80 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabelle 1: | Zeitliche Durchführung der Untersuchung | 9 |
| Tabelle 2: | Ausgewählte Anforderungen der Prüfliste „Recyclinggerechte Konstruktion für Bürogeräte mit Druckfunktion“ | 15 |
| Tabelle 3: | Ausgewählte Anforderungen der Kriterienliste der ONR 192102 zur Erlangung des Nachhaltigkeitssiegels für reparaturfreundlich konstruierte Elektro- und Elektronik-Geräte | 16 |
| Tabelle 4: | Grobcheckliste zur recyclingoptimierten Produktentwicklung gemäß VDI 2243 | 18 |
| Tabelle 5: | Obergruppen des festgelegten Kriterienkataloges nach rechtlichen Anforderungen | 23 |
| Tabelle 6: | Festgelegter Kriterienkatalog | 24 |
| Tabelle 7: | Auswahl der im Rahmen einer Demontage betrachteten Gerätearten | 25 |
| Tabelle 8: | Produkt-Komponenten-Matrix | 27 |
| Tabelle 9: | Komponenten-Metalle-Matrix | 27 |
| Tabelle 10: | Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (Rasierapparate) | 31 |
| Tabelle 11: | Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (LCD-Computermonitore) | 31 |
| Tabelle 12: | Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (Smartphones) | 32 |
| Tabelle 13: | Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (Akku-Schrauber) | 32 |
| Tabelle 14: | Festgelegte Gewichtung nach rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG | 59 |
| Tabelle 15: | Obergruppen des festgelegten Kriterienkataloges nach technischen Anforderungen | 61 |
| Tabelle 16: | Festgelegte Gewichtung nach technischen Anforderungen | 63 |
| Tabelle 17: | Interessenslage zum Thema fest verbaute Akkumulatoren | 88 |
| Tabelle 18: | Übersicht der Ergebnisse der Untersuchung (Zusammenfassung) | 92 |

1 Anlass und Zielsetzung

Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)¹ legt die Anforderungen an die Produktverantwortung für Elektro- und Elektronikgeräte² nach § 23 Kreislaufwirtschaftsgesetz³ (KrWG) fest. Das Gesetz richtet sich mit seinen Anforderungen vor allem an die Akteure, die Elektro(nik)geräte entwickeln, herstellen, be- und verarbeiten oder vertreiben.⁴

Die Wahrnehmung der Produktverantwortung durch die Hersteller beginnt vor dem Inverkehrbringen u. a. mit der (recyclinggerechten) Produktkonzeption von Elektro(nik)geräten unter dem vorrangigen Einsatz von verwertbaren Abfällen und/oder sekundären Rohstoffen⁵ und der Berücksichtigung von Stoffverboten.

Grundsätzlich haben die Hersteller die Finanzierungsverantwortung für Sammlung, Behandlung, Verwertung und Beseitigung ihrer Geräte. Die b2c-Altgeräte⁶ werden nach Entledigung überwiegend in kollektiven Sammelgemischen erfasst, für die ein Hersteller gemäß seines Anteils in Verkehr gebrachter Elektro(nik)geräte die weitere Entsorgungspflicht über die Stiftung Elektro-Altgeräteregister (ear) zugewiesen bekommt.

Die Folge ist, dass ein Hersteller die Entsorgungsverantwortung für ein Sammelgemisch übernimmt, in dem sich mitunter nur ein sehr geringer Anteil der von ihm hergestellten Elektro(nik)altgeräte befindet. Aufgrund der kollektiven Erfassung und Entsorgung ohne gerätespezifische Zuordnung der entstehenden Kosten kann der Hersteller somit keinen unmittelbaren finanziellen Vorteil durch eine recyclinggerechte Produktkonzeption und/oder abfallvermeidende Maßnahmen erzielen, wodurch die Potenziale, die das Instrument der Produktkonzeption und die Ziele der Produktverantwortung bieten, noch zu wenig genutzt werden.

Dies führt in Behandlungs- und Verwertungsprozessen dazu, dass die zu priorisierenden Ziele der (Vorbereitung zur) Wiederverwendung und Bauteilgewinnung nicht vorrangig verfolgt werden und vornehmlich die stoffliche Verwertung von Massenmaterialien im Fokus steht. Darüber hinaus sind besonders bei in

¹ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz - ElektroG) vom 16. März 2005 (BGBl. I S. 762), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 07. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.

² Im Weiteren verkürzt als Elektro(nik)geräte bezeichnet.

³ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).

⁴ Im Weiteren werden die Hersteller als Adressat der recyclinggerechten Produktkonzeption nach § 4 ElektroG betrachtet.

⁵ Gemäß § 23 Abs. 2 KrWG.

⁶ b2c: business to consumer. Der Begriff wird für die Geräte verwendet, die an private Haushalte im Sinne des § 3 Abs. 4 ElektroG abgegeben werden.

Kleinstmengen verbauten, seltenen und mitunter sehr werthaltigen Materialien recyclinggerechte Designmaßnahmen eine entscheidende Voraussetzung für eine höhere bzw. gezieltere Ausbringung in den Verwertungsprozessen.

Im Rahmen des Projektes sollen Elektro(nik)geräte anhand der Anforderungen des § 4 ElektroG in Abgleich mit den Anforderungen des Artikel 4 der Neufassung der WEEE-Richtlinie, die bis Februar 2014 in nationales Recht umzusetzen ist,⁷ bewertet werden. Daneben werden gleichsam die Erkenntnisse bestehender Normen und Anforderungen zur Erreichung von Umweltzeichen berücksichtigt.

Die Ziele der Untersuchung sind im Einzelnen

- die Entwicklung eines Kriterienkataloges (Bestimmung und Gewichtung der Kriterien) zur Bewertung der Umsetzung einer recyclinggerechten Konzeption,
- die Anwendung des Kriterienkataloges für ausgewählte Produktbeispiele,
- die Festlegung eines Referenzstatus für eine optimale Umsetzung einer recyclinggerechten Konzeption (best practice) hinsichtlich der gewählten Produktbeispiele,
- die Identifikation von Produktbeispielen, für die eine recyclinggerechte Konzeption nicht oder nur in sehr geringem Umfang umgesetzt ist (mit Darlegung einer entsprechenden Begründung).

Im Gegensatz zu den bekannten Vorhaben wird in dieser Untersuchung angestrebt, nicht vom Übergeordneten kommend grundsätzliche Anforderungen zu formulieren, sondern diese aus einer praktischen Betrachtung auf Einzelgeräteebene zu generieren und zu validieren.

Geräte mit schneller technologischer Entwicklung bzw. Geräte, die Technologiesprünge unterliegen, werden in die Untersuchung einbezogen, da mit der technologischen Entwicklung einhergehend oftmals auch angepasste Behandlungsformen erforderlich sind.

Eine Übersicht zur zeitlichen Durchführung der Untersuchung ist in tabellarischer Form in Tabelle 1 dargestellt.

⁷ RICHTLINIE 2012/19/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 4. Juli 2012 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Neufassung), veröffentlicht am 24.07.2012 im Official Journal der Europäischen Union (issue L197).

Im Weiteren verkürzt als WEEE-Richtlinie (Waste of Electrical and Electronic Equipment) bezeichnet.

Tabelle 1: Zeitliche Durchführung der Untersuchung

| | Feb 13 | Mrz 13 | Apr 13 | Mai 13 | Jun 13 | Jul 13 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Erarbeitung eines ersten Entwurfes des Kriterien-kataloges mit fortschreitender Anpassung und Festlegung der Kriterien | | | | | | |
| Erhebung von Praxiserfahrungen | | | | | | |
| Festlegung relevanter Gerätearten, Produktbeispiele | | | | RS | | |
| Auswertung und Vergleich der Gerätebeispiele | | | | | | |
| Festlegung des Referenzstatus | | | | | | |
| Bewertung der Gerätebeispiele (Demontage) | | | | | | |
| Verfassung Berichtsform | | | | | | VS |

RS = umfangreiche Rücksprache mit Auftraggeber
 VS = Vorstellung beim Auftraggeber

| | |
|--|--------------------------|
| | vorbereitende Tätigkeit |
| | Haupttätigkeit |
| | nachbereitende Tätigkeit |

Durch die Einbindung ergänzender Betrachtungen und Demontagen verlängerte sich die Endauswertung und Verfassung der Berichtsform bis September 2013.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Das ElektroG beschreibt als „Pflicht beim Inverkehrbringen von Elektro- und Elektronikgeräten“ (Abschnitt 2 ElektroG) u. a. in § 4 ElektroG die Umsetzung der Produktkonzeption im Rahmen der Produktverantwortung:

„Elektro- und Elektronikgeräte sind möglichst so zu gestalten, dass die Demontage und die Verwertung, insbesondere die Wiederverwendung und die stoffliche Verwertung von Altgeräten, ihren Bauteilen und Werkstoffen, berücksichtigt und erleichtert werden. Elektro- und Elektronikgeräte, die vollständig oder teilweise mit Batterien oder Akkumulatoren betrieben werden können, sind so zu gestalten, dass eine problemlose Entnehmbarkeit der Batterien und Akkumulatoren sichergestellt ist. Die Hersteller sollen die Wiederverwendung nicht durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindern, es sei denn, dass die Konstruktionsmerkmale rechtlich vorgeschrieben sind oder die Vorteile dieser besonderen Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse überwiegen, beispielsweise im Hinblick auf den Gesundheitsschutz, den Umweltschutz oder auf Sicherheitsvorschriften. Satz 2 und § 13 Absatz 7 gelten nicht für Elektro- und Elektronikgeräte, in denen aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten eine ununterbrochene Stromversorgung notwendig und eine ständige Verbindung zwischen dem Gerät und der Batterie oder dem Akkumulator erforderlich ist.“

Ein Verstoß gegen diese Vorgaben stellt keine bußgeldbewährte Ordnungswidrigkeit im Sinne des § 23 ElektroG dar.

Gemäß § 11 Abs. 2 ElektroG hat die Behandlung von Elektro(nik)geräten nach dem Stand der Technik im Sinne des § 3 Abs. 28 KrWG zu erfolgen. Es sind mindestens alle Flüssigkeiten zu entfernen und die Anforderungen an die selektive Behandlung nach Anhang III ElektroG zu erfüllen (vgl. **Anhang I**). Dies betrifft im Besonderen die Entfernung der im Anhang genannten Stoffe, Gemische und Bauteile.

Die Neufassung der WEEE-Richtlinie führt unter Artikel 4 „Produktkonzeption“ folgende Vorgaben an:

„Unbeschadet der Anforderungen der Rechtsvorschriften der Union über das ordnungsgemäße Funktionieren des Binnenmarkts und die

Produktkonzeption, einschließlich der Richtlinie 2009/125/EG,⁸ unterstützen die Mitgliedstaaten die Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Betreibern von Recycling-Betrieben sowie Maßnahmen zur Förderung der Konzeption und Produktion von Elektro- und Elektronikgeräten, um insbesondere die Wiederverwendung, Demontage und Verwertung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten, ihren Bauteilen und Werkstoffen zu erleichtern. In diesem Zusammenhang ergreifen die Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen, damit die im Rahmen der Richtlinie 2009/125/EG festgelegten Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung zur Erleichterung der Wiederverwendung und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten angewandt werden und die Hersteller die Wiederverwendung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten nicht durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindern, es sei denn, dass die Vorteile dieser besonderen Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse überwiegen, beispielsweise im Hinblick auf den Umweltschutz und/oder Sicherheitsvorschriften.“

Darüber hinaus formuliert die Richtlinie 2009/125/EG im Anhang I Teil 1 u. a. Indikatoren der Wiederverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit:

„Zahl der verwendeten Materialien und Bauteile, Verwendung von Normteilen, Zeitaufwand für das Zerlegen, Komplexität der zum Zerlegen benötigten Werkzeuge, Verwendung von Kennzeichnungsnormen für wieder verwendbare und rezyklierbare Bauteile und Materialien (einschließlich der Kennzeichnung von Kunststoffteilen nach ISO-Norm), Verwendung leicht rezyklierbarer Materialien, leichte Zugänglichkeit von wertvollen und anderen rezyklierbaren Bauteilen und Materialien, leichte Zugänglichkeit von Bauteilen und Materialien, die gefährliche Stoffe enthalten.“

⁸ RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Neufassung), kurz „ErP-Richtlinie“ oder „Ecodesign-Richtlinie“.

Das Gesetz über die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz - EVPG) setzt die neugefasste Ecodesign-Richtlinie in nationales Recht um.

2.1 Direkt ableitbare Anforderungen an eine recyclinggerechte Konzeption

Die problemlose Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren bei Elektro(nik)geräten, die mit diesen betrieben werden, ist eine direkt ableitbare und somit konkrete Anforderung gemäß § 4 ElektroG Satz 2 und Satz 4.

Das Adjektiv „problemlos“ impliziert, dass die Entnahme einer Batterie oder eines Akkumulators manuell, zerstörungsfrei und ohne Zuhilfenahme von Spezialwerkzeugen u. a. ohne nennenswerten Zeitaufwand erfolgen kann.

Klassische Beispiele für eine problemlose Entnahme von Batterien und Akkumulatoren sind Batteriefächer, deren Abdeckungen per Klicksystem (teilweise gesichert durch Verschraubung) einfach zu entfernen sind, wodurch der zerstörungsfreie Zugriff auf die enthaltenen Batterien und Akkumulatoren erfolgt.

Im § 4 ElektroG ist der Adressat für die problemlose Entnahme nicht genannt. Es ist nicht eindeutig, ob sich die problemlose Entnehmbarkeit auf die Phase der Nutzung bzw. den Verbraucher oder die Phase der Verwertung bzw. den entsprechend Fachkundigen bezieht. Dieses Kriterium wird daher bei der Gewichtung und Auswertung der Produktbeispiele differenziert betrachtet (vgl. Punkt 7).

2.2 Indirekt ableitbare Anforderungen an eine recyclinggerechte Konzeption

Im Gegensatz zu der in Punkt 2.1 beschriebenen komponentenbezogenen Anforderung bzgl. Batterien und Akkumulatoren beschreiben die weiteren Sätze des § 4 ElektroG Anforderungen, die hinsichtlich u. a. umzusetzender, gestalterischer Maßnahmen erfüllt werden müssen. Dies erfolgt im Weiteren unter Berücksichtigung der in Punkt 3 genannten bestehenden Verfahren und Standards.

Die Forderung, dass Elektro(nik)geräte so zu gestalten sind, dass zum einen die Wiederverwendung nicht durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindert werden soll, und zum anderen die Demontage sowie die Verwertung, insbesondere die Wiederverwendung und die stoffliche Verwertung erleichtert wird (§ 4 ElektroG), findet sich in vergleichbarer Form im Art. 4 WEEE-Richtlinie, hier unter Beachtung der Anforderungen der Ecodesign-Richtlinie (national umgesetzt im EVPG). Es gelten jeweils Ausnahmeregelungen (vgl. Punkt 2), die in der weiteren Untersuchung beachtet werden.

Aus dieser Forderung lassen sich in erster Linie Anforderungen an die Produktkonzeption ableiten, die den Aufbau und somit besonders die Zusammenfügung einzelner Komponenten und Bauteile der Produkte betreffen. Gleichsam sind hiermit Anforderungen angesprochen, die eine einfache Reparatur der Elektro(nik)geräte begünstigen. Hierzu zählen z. B. die Möglichkeit eines zerstörungs-

freien Öffnens und zerstörungsfreier Entnahme bzw. zerstörungsfreien Austausches von Bauteilen und Komponenten, möglichst unter Zuhilfenahme von herkömmlichen Werkzeugen. Konkretisierungen zu diesen Aspekten erfolgen in Abgleich der in den Punkten 3.1 bis 3.6 genannten Kriterien und Aspekten.

Des Weiteren sind die Anforderungen an eine selektive Behandlung gemäß § 11 Absatz 2 ElektroG in die ableitbaren Anforderungen an eine recyclinggerechte Produktkonzeption einzubeziehen, da die im Anhang III ElektroG aufgeführten Stoffe, Gemische und Bauteile im Recyclingprozess zu entfrachten und selektiv zu behandeln sind (vgl. **Anhang I**).

3 Bestehende Verfahren, Standards und aktuelle Aktivitäten zur Bestimmung von Kriterien einer recyclinggerechten Konzeption

Nachfolgend sind bestehende Verfahren und Standards sowie aktuelle Aktivitäten aufgeführt, die inhaltlich Bezug auf eine recyclinggerechte Konstruktion nehmen und aus denen Kriterien zu deren Bewertung abgeleitet werden können.

Hinweis: Die im Folgenden benannten Anforderungen betreffen ausschließlich Konstruktionsmerkmale, die sich aus den rechtlichen Rahmenbedingungen (vgl. Punkt 2) ergeben bzw. daraus abgeleitet werden können.

Explizit bei der Bewertung der recyclinggerechten Produktkonzeption nicht betrachtet werden Aspekte, die die Phasen der Entwicklung, Herstellung und Nutzung eines Produktes betreffen (Ressourcenverbrauch, Emissionen, Langlebigkeit, etc.).

3.1 Umweltzeichen „Blauer Engel“ – Merkmal „weil recyclinggerecht“

Das Umweltzeichen „Blauer Engel“ definiert für verschiedene Produkte das Merkmal „weil recyclinggerecht“. Durch dieses Merkmal werden Produkte gekennzeichnet, denen aufgrund festgelegter Kriterien eine langlebige und recyclinggerechte Konstruktion bescheinigt wird (vgl. Abbildung 1).

| | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------|
|  | • Arbeitsplatzcomputer | (1 Anbieter, 15 Produkte) |
| | • Bürogeräte mit Druckfunktion | (keine Anbieter) |
| | • Interaktive Weißwandtafeln | (keine Anbieter) |
| | • Klingel- und Gegensprechanlagen | (keine Anbieter) |
| | • lärmarme Komposthacksler | (7 Anbieter, 14 Produkte) |
| | • Monitore | (1 Anbieter, 1 Produkt) |
| | • Tastaturen | (2 Anbieter, 10 Produkte) |
| | • Tragbare Computer | (keine Anbieter) |

Abbildung 1: Beispiel Umweltzeichen Blauer Engel, Liste mit ausgewählten Elekt(ro)nikgeräten, Merkmal „weil recyclinggerecht“⁹

Die Prüfliste zur Erreichung des Merkmals „weil recyclinggerecht“ umfasst u. a. die in der Tabelle 2 für die weitere Untersuchung relevanten Anforderungen. In der Tabelle 2 dargestellt ist ein Auszug der Prüfliste „Recyclinggerechte Konstruktion für Bürogeräte mit Druckfunktion“, da in dieser Prüfliste im Vergleich zu den Prüflisten weiterer Produkte an dieser Stelle die Anforderungen besonders detailliert beschrieben sind. Unter der Rubrik „Kat.“ ist aufgeführt, ob es sich bei der Anforderung um ein „Muss“- oder „Soll“-Kriterium handelt. Die Anforderun-

⁹ Übersicht zusammengestellt aus Informationen der Internetseite www.blauer-engel.de/de/blauer_engel/was_steckt_dahinter/schutzziele.php, letzter Abruf 12.02.2013.

gen an eine recyclinggerechte Konstruktion sind dann erfüllt, wenn sämtliche „Muss“-Kriterien erfüllt sind.

Tabelle 2: Ausgewählte Anforderungen der Prüfliste „Recyclinggerechte Konstruktion für Bürogeräte mit Druckfunktion“¹⁰

| Nr. | Anforderungen | gilt für | Kat. |
|---|---|--|------|
| Baustruktur und Verbindungstechnik | | | |
| 1 | Bauteile aus miteinander unverträglichen Werkstoffen sind lösbar oder über Trennhilfen verbunden | Gehäuseteile, Chassis, Elektrobaugruppen | M |
| 2 | Elektrobaugruppen sind leicht auffindbar und einfach zu entnehmen | Gesamte Einheit | M |
| 3 | Zu lösende Verbindungen sind gut auffindbar | Gehäuseteile, Chassis | S |
| 4 | Die Demontage kann ausschließlich mit Universalwerkzeugen ¹¹ erfolgen | Gehäuseteile, Chassis, Elektrobaugruppen | M |
| 5 | Notwendige Angriffspunkte und Arbeitsräume für Demontagewerkzeuge wurden berücksichtigt | Gehäuseteile, Chassis, Elektrobaugruppen | M |
| 6 | Alle für das Recycling zu lösenden Verbindungselemente sind axial zugänglich | Gehäuseteile, Chassis, Elektrobaugruppen | S |
| 7 | Schraubenverbindungen zwischen den Baugruppen können mit bis zu drei Werkzeugen gelöst werden | Gehäuseteile, Chassis, Elektrobaugruppen | M |
| 8 | Die zu lösenden Verbindungen zwischen Kunststoffbauteilen sind mindestens zur Hälfte Steck-/Schnappverbindungen | Gehäuseteile | S |
| 9 | Die Demontage kann von einer Person durchgeführt werden | Gesamte Einheit | M |
| 10 | Die Auflagefläche während der gesamten Demontage kann beibehalten werden | Handzuhabende Einheit | S |
| 11 | Gehäuseteile sind frei von Elektronikbaugruppen | Gehäuseteile | M |
| Werkstoffwahl und Kennzeichnung | | | |
| 12 | Die Werkstoffvielfalt bei Kunststoffbauteilen vergleichbarer Funktion ist auf einen Werkstoff begrenzt | Gehäuseteile, Chassis, mechanische Teile ≥ 25 g | M |
| 13 | Bauteile, die aus dem gleichen Kunststoff gefertigt sind, sind einheitlich oder verträglich gefärbt | Gehäuseteile | S |
| 14 | Bauteile und Werkstoffe nach Anhang III ElektroG sind leicht ausbaubar | Gesamte Einheit | M |
| 15 | Kunststoffteile > 25 g und einer ebenen Fläche von mindestens 200 mm^2 sind nach EN/ISO 11469 unter Beachtung von ISO 1043 gekennzeichnet | Gesamte Einheit | M |

¹⁰ Auswahl des Anhangs R-L1 zur Vergabegrundlage nach RAL-ZU 171, Prüfliste „Recyclinggerechte Konstruktion für Bürogeräte mit Druckfunktion“, abrufbar unter www.blauerengel.de/de/produkte_marken/vergabegrundlage.php?id=259, letzter Abruf 12.02.2013.

¹¹ Unter Universalwerkzeugen werden allgemein übliche, im Handel erhältliche Werkzeuge verstanden.

3.2 ONR 192102 „Nachhaltigkeitssiegel für reparaturfreundlich konstruierte Elektro- und Elektronik-Geräte“

Mit der österreichischen ON-Regel 192102¹² werden Kriterien für ein Nachhaltigkeitssiegel (vgl. Abbildung 2) für reparaturfreundlich konstruierte Elektro(nik)geräte (Weiß- und Braunware) festgelegt. Zugelassene Prüfer untersuchen hierfür eingereichte Elektro(nik)geräte hinsichtlich der Konformität gemäß den in der ONR 192102 festgelegten Kriterien.



Abbildung 2: Kennzeichnung Nachhaltigkeitssiegel ONR 192102

Die Kriterien zur Erreichung des Nachhaltigkeitssiegels umfassen u. a. die in der Tabelle 3 genannten Anforderungen. Hier aufgeführt sind vornehmlich die Anforderungen, die im Rahmen der weiteren Untersuchung relevant sind. Vergleichbar zum Punkt 3.1 sind „Muss“-Kriterien formuliert, die vollumfänglich erfüllt sein müssen. Daneben erfolgt eine Gewichtung der einzelnen Kriterien untereinander, sodass im Falle der Erreichung der Mindestanforderungen das Gesamtergebnis als gut, sehr gut und ausgezeichnet ausgewiesen wird (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Ausgewählte Anforderungen der Kriterienliste der ONR 192102 zur Erlangung des Nachhaltigkeitssiegels für reparaturfreundlich konstruierte Elektro- und Elektronik-Geräte¹³

| Nr. | allgemeine Kriterien | Motive | Kat. |
|-----------------------------|---|--|------|
| Allgemeine Kriterien | | | |
| 1 | Sicherstellung der Lösbarkeit von Verbindungen, die im Servicefall geöffnet bzw. getrennt werden müssen | Die Zugänglichkeit der Baugruppen muss für Reparaturzwecke sichergestellt sein | M |
| 2 | Geräte sollen weitestgehend in Einzelteile zerlegbar sein, die auch als Ersatzteile erhältlich sind | Ressourcenschonung | S |
| 3 | Wesentliche Teile des Produktes sollen ohne Spezialwerkzeug in Einzelteile zerlegt werden können. Ist Spezialwerkzeug dennoch notwendig, muss es für jeden Reparaturbetrieb leicht verfügbar sein | Die Zugänglichkeit der Baugruppen muss für Reparaturzwecke sichergestellt sein | S |

¹² ONR 192102 „Nachhaltigkeitssiegel für reparaturfreundlich konstruierte Elektro- und Elektronik-Geräte (Weiß- und Braunware)“, September 2006, 13 Seiten.

¹³ Auswahl aus ONR 192102.

Sofern lt. Kriterienliste eine Punktzahl zu erfüllen ist, wird die Kategorie dieses Kriteriums als „Soll“-Kriterium aufgefasst.

3.3 VDI-Richtlinie 2243 „Recyclingorientierte Produktentwicklung“

Die VDI-Richtlinie 2243 (Ausgabe Juli 2002)¹⁴ soll neben allen Produktverantwortlichen insbesondere dem Entwickler und dem Konstrukteur Informationen, Anleitungen und Entscheidungshilfen für die einzelnen Phasen der Produktentwicklung geben, um technische und wirtschaftliche Möglichkeiten sowie Alternativen zur Verbesserung der Recyclingfähigkeit von technischen Produkten erarbeiten und auswählen zu können.

Relevant für die Festlegung möglicher Kriterien zur Bewertung der recyclinggerechten Konzeption ist das Kapitel 3.2 „Recycling-Kriterien“, hier im Besonderen der Punkt 3.2.2 „Technologie“, in dem folgende grundsätzliche Bewertungskriterien genannt sind:

Materialien

- Identifizierbarkeit (z. B. Material-Kennzeichnung),
- stoffliche Verwertbarkeit,
- Verwertungskompatibilität in Materialverbunden,
- umweltkritische Inhaltsstoffe, die gezielt entnommen und separat beseitigt werden müssen (z. B. Quecksilberschalter),
- recyclingkritische Stoffe, die bestimmte Recyclingprozesse stören (z. B. Getriebeöl im Shredderprozess).

Demontierbarkeit

- Visuelle Erkennbarkeit (z. B. Batterien, gekennzeichnete Kunststoffteile),
- Zugänglichkeit (z. B. direkter Zugriff),
- Lösbarkeit (z. B. zerstörungsfrei, zerstörend),
- Vielfalt der Verbindungen (z. B. geschraubt, geklebt, genietet),
- Demontage- und Zerlegezeit.

Recyclingtechnologien

- Verfügbarkeit wirtschaftlich optimierter Recyclingprozesse für bestimmte Zielfraktionen (z. B. effiziente Aufbereitung von ABS-Gehäusen).

Die in Tabelle 4 genannte „Grobcheckliste“ zur recyclingoptimierten Produktentwicklung fasst diese Kriterien zusammen.

¹⁴ VDI 2243 „Recyclinggerechte Produktentwicklung“, Juli 2002, 36 Seiten.

Tabelle 4: Grobcheckliste zur recyclingoptimierten Produktentwicklung gemäß VDI 2243

| Technische Recycling-Kriterien | Bewertung | Optimierungs-Potenzial durch |
|--------------------------------|---|---|
| Stoffliche Verwertbarkeit | recyclingfähig, gleiche Eigenschaften | keine Optimierung nötig |
| | recyclingfähig, mindere Eigenschaften | Einsatz höherwertigerer Werkstoffe prüfen |
| | nicht verwertbar, Beseitigung nötig | recyclingfähige Werkstoffe verwenden |
| Verwertungs-kompatibilität | kompatibel, gleiche Eigenschaften | keine Optimierung nötig |
| | kompatibel, mindere Eigenschaften | eventuell Stoffvielfalt optimieren |
| | nicht kompatibel | verträgliche Werkstoffe verwenden |
| Identifizierbarkeit | eindeutig, einfach, maschinenlesbar | keine Optimierung nötig |
| | gut separierbar, keine Kennzeichnung | mindestens Kennzeichnung vorsehen |
| | nicht möglich, keine Kennzeichnung | vermeiden, Kennzeichnung vorsehen |
| Recyclingkritische Stoffe | nicht vorhanden | keine Optimierung nötig |
| | vorhanden, gekennzeichnet, gut separierbar | dauerhaft gute Lesbarkeit sichern |
| | vorhanden, unseparierbar, Beseitigung nötig | vermeiden, Kennzeichnung und Demontage vorsehen |
| Schad- und Gefahrstoffe | nicht vorhanden | keine Optimierung nötig |
| | vorhanden, gut separierbar | mindestens Kennzeichnung vorsehen |
| | vorhanden, unseparierbar, Beseitigung nötig | vermeiden, Kennzeichnung und Demontage vorsehen |
| Erkennbarkeit | eindeutig, sichtbar | keine Optimierung nötig |
| | nicht sichtbar, aber Hinweis | Kennzeichnung vorsehen |
| | nicht sichtbar, kein Hinweis | Hinweis und Kennzeichnung vorsehen |
| Zugänglichkeit | direkt zugänglich | keine Optimierung nötig |
| | indirekt zugänglich | eventuell Demontagetiefe verbessern |
| | nicht zugänglich | Änderung auf axiale Zugänglichkeit prüfen |
| Verbindungsarten | zerstörungsfrei lösbar | keine Optimierung nötig |
| | teilzerstörend, nur Verbindung | zerstörungsfreie Verbindung verwenden |
| | zerstörend, auch Bauteilbeschädigung | lösbare Verbindungen verwenden |
| Vielfalt der Verbindungen | eine/wenige, einheitliche Art | keine Optimierung nötig |
| | funktionsbedingt mehrere, standardisiert | eventuell mögliche Reduzierung prüfen |
| | unübersichtlich viele | Anzahl reduzieren |
| Demontage-Zeit | gering | keine Optimierung nötig |
| | vertretbarer Aufwand | eventuell mögliche Reduzierung prüfen |
| | sehr hoch, nicht akzeptabel | Zugänglichkeit verbessern, Modulbauweise anwenden |
| Recycling-Prozesse | optimaler Prozess vorhanden | keine Optimierung nötig |
| | aufwändige Prozessschritte nötig | Verträglichkeiten prüfen |
| | kein Prozess für Stoffe vorhanden | Werkstoffe ändern, vereinheitlichen |

Des Weiteren werden in Kapitel 3.4 „Gestaltungs-Empfehlungen“ Hinweise gegeben, welche Vorteile sich durch eine recyclinggerechte Produktentwicklung bezogen auf das Einzelgerät aber auch hinsichtlich der nachfolgenden Verwertungsverfahren erzielen lassen.

3.4 PAS 1049 „Der Recyclingpass“

Die öffentlich verfügbare Spezifikation (engl. Publicly Available Specification – PAS) 1049¹⁵ schlägt eine standardisierte Form der „Übermittlung recyclingrelevanter Informationen zwischen Herstellern und Recyclingunternehmen“ in Form eines Recyclingpasses vor, die allerdings derzeit in der Praxis kaum Verwendung findet. Im Einzelnen beinhaltet der Recyclingpass Informationen über Lage, Art und Menge von Komponenten und Bauteilen,

- die zu entfernen sind (inkl. Zerlege-Reihenfolge und Hinweisen zur schnelleren Demontage),
- die gesondert behandelt werden müssen,
- die den Recyclingprozess stören,
- die Erlöse als Ersatzteile bzw. Wertstoffe erzielen sowie
- Aussagen über die Eignung der verbauten Materialien für das Recycling, die energetische Verwertung und die Beseitigung.

Die im Detail angesprochenen Aspekte bzgl. der Informationsweitergabe betreffen ähnlich zu den vorangegangenen Normen Angaben u. a.

- zur Zugänglichkeit von Stoffen und Komponenten (insbesondere separat zu behandelnder Stoffe (vgl. **Anhang I**),
- über Öffnung/Trennbarkeit, besondere Verbindungstechniken und Art der Werkzeuge bei der Zerlegung,
- über Kennzeichnung von Kunststoffen ab einer bestimmten Gewichtsgrenze.

3.5 Projekt „Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRess)“

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRess)“¹⁶ wurde am 02.03.2010 ein Fachgespräch zum Thema „Abfallvermeidende und recyclinggerechte Konstruktion“ geführt. Im Wesentlichen wurden hierbei folgende Anforderungen bzgl. der Wiederverwendbarkeit (Design for Repair) respektive der Verwertung und des Recyclings von Produkten (Design for Recycling) formuliert:

- Vermeidung des Einsatzes von Schadstoffen,

¹⁵ PAS 1049 „Übermittlung recyclingrelevanter Produktinformationen zwischen Herstellern und Recyclingunternehmen – Der Recyclingpass“, Publicly Available Specification (PAS) 1049 vom Dezember (2004), 26 Seiten.

¹⁶ BMU/UBA „Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRess)“, FKZ 3707 93 300, Wuppertal Institut GmbH (Leitung und Koordination), Laufzeit 2007-2010, Informationen unter <http://ressourcen.wupperinst.org/home/index.html>, letzter Abruf 12.02.2013.

- eindeutige Kennzeichnung von schadstoffhaltigen und schadstofffreien Baugruppen,
- Vermeidung von nicht oder nur schwer trennbaren Materialverbunden,
- Verringerung der Materialvielfalt,
- Einsatz möglichst standardisierter Stoffe,
- Bereitstellung adäquater Informationen für die Wiederverwendung.

Ergänzend wurde die konsequente Integration eines abfallvermeidenden und recyclinggerechten Konstruierens in EMAS/ISO 14000 gefordert.

3.6 Projekt „Weiterentwicklung der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten am Beispiel von Elektro- und Elektronikgeräten (RePro)“

Ziel des Forschungsvorhabens „Weiterentwicklung der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten am Beispiel von Elektro- und Elektronikgeräten (RePro)“ des Umweltbundesamtes ist die „Analyse der derzeitigen Entsorgung von ressourcenrelevanten Elektroaltgeräten und die Ableitung von Maßnahmen und Instrumenten zur Optimierung der Erfassungsstrukturen sowie der Behandlungs- und Verwertungssysteme mit dem Ziel der Aufkonzentrierung und Rückgewinnung der betrachteten Metalle“. Das Forschungsvorhaben wird unter der Leitung der Ökopol GmbH Hamburg zusammen mit den Projektpartnern Fraunhofer ISI, TU Darmstadt, TU Hamburg-Harburg, ELPRO Elektro-Produkt Recycling GmbH, Fraunhofer IWKS, TCM GmbH sowie Adamec Recycling GmbH durchgeführt und voraussichtlich 2014 abgeschlossen.

Für das Arbeitspaket 1 wurde im August 2012 ein Meilensteinbericht mit u. a. folgenden Ergebnissen vorgelegt (vgl. [BMU/UBA 2012]):¹⁷

- Identifizierung der ressourcenrelevanten Metalle: Ausgehend von den zehn vom UBA vorgeschlagenen Metallen und Metallgruppen (sog. „MaRess-Metalle“)¹⁸ wurden die Metalle Zinn und Zink der MaRess-Metalle wegen der zu geringen wirtschaftlichen Bedeutung nicht in die Untersuchung mit einbezogen und die Auswahl der ressourcenrelevanten Metalle durch Antimon, Beryllium und Tantal ergänzt.

¹⁷ BMU/UBA: „Weiterentwicklung der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten am Beispiel von Elektro- und Elektronikgeräten (RePro)“, FKZ 3711 95 318, Ökopol GmbH (Projektleitung), Informationen unter www.oekopol.de/de/themen/ressourcen-und-kreislaufwirtschaft/repro/publikationen-repro/, letzter Abruf 16.07.2013.

¹⁸ Siehe hierzu die Seiten 73 bis 75 der unter Punkt 3.5 angesprochenen Studie.

- Lokalisierung der Bauelemente, in denen diese Elemente häufig und mit hoher Masse vertreten sind (Komponenten-Metalle-Matrix, siehe hierzu Seite 32 des Forschungsberichts).
- Lokalisierung der Elektronikgeräte, in denen die in der Komponenten-Metalle-Matrix ermittelten Bauteile häufig vertreten sind (Produkt-Komponenten-Matrix, siehe hierzu die Seiten 37 und 38 des Forschungsberichts). Insgesamt wurden 30 Geräte aus den Sammelgruppen 3, 4 und 5 ausgesucht. In der Geräteauswahl sind auch die vier in dieser Studie enthaltenen Elektro(nik)geräte vertreten (vgl. Punkt 5).

Im Rahmen des Arbeitspaketes 2 – „Sammlung ressourcenrelevanter Elektroaltgeräte“ – fand am 26.09.2012 ein Fachworkshop¹⁹ in Berlin statt. Hier wurden innovative Sammelsysteme für Elektroaltgeräte und Ansätze zur Verbesserung der Sammelergebnisse vorgestellt und mit den Betreibern in Deutschland diskutiert. Die Ergebnisse des Workshops sollen in das Arbeitspaket 2 einfließen.

3.7 Projekt „Disassembly Analysis of Slates: Design for Repair and Recycling Evaluation“

Im Verlauf der Bearbeitung dieser Untersuchung veröffentlichte Fraunhofer IZM eine Untersuchung aktueller Produktkonzeptionen im Hinblick auf eine Reparatur und das Recycling von sogenannten tablets [Fraunhofer IZM 2013].

Diese wurden experimentell zerlegt. Die einzelnen Prozessschritte wurden ermittelt und Schwierigkeiten sowie Besonderheiten (Verwendung von Spezialwerkzeug) beim Zerlegeprozess identifiziert. Gleichzeitig wurden die Methoden der Schadstoffentfrachtung für z. B. Batterien und Akkumulatoren erfasst und Beispiele für eine „gute“ Produktkonzeption hinsichtlich Reparatur, Aufarbeitung, Wiederverwendung und Recycling diskutiert.

Da diese Studie erst gegen Ende der Bearbeitung des Projektes veröffentlicht wurde, wurden die Erkenntnisse zur Erstellung des Kriterienkataloges nicht berücksichtigt.

¹⁹ Fachworkshop „Sammlung von ressourcenrelevanten Elektroaltgeräten“ am 26.09.2012, Informationen unter www.oekopol.de/de/themen/ressourcen-und-kreislaufwirtschaft/repro/termine-repro/, letzter Abruf 16.07.2013.

4 Erstellung eines Kriterienkataloges

4.1 Vorgehensweise

Anhand der aus den rechtlichen Rahmenbedingungen abgeleiteten Anforderungen (vgl. Punkt 2.1 und Punkt 2.2) sowie den Erkenntnissen bestehender Verfahren, Standards und aktuellen Aktivitäten (vgl. Punkte 3) werden im Weiteren Kriterien zusammengefasst, entwickelt und gewichtet, die es erlauben, verschiedene Produktbeispiele einzelner Hersteller unterschiedlicher Gerätearten miteinander hinsichtlich ihrer recyclinggerechten Konzeption zu vergleichen. Die festzulegenden Kriterien sind entsprechend gerätespezifisch und untereinander hinsichtlich der Auswertung zu gewichten, um die Unterschiede von Einzelgeräten bzw. Gerätekategorien zu identifizieren und zu quantifizieren. Bei der Gewichtung wird die Umsetzung einer recyclinggerechten Produktkonzeption nach rechtlichen und technischen Anforderungen unterschieden (vgl. Punkt 7).

Im Rahmen der Untersuchung werden neue erstmals belastbare Kriterien zur Bemessung der Umsetzung einer recyclinggerechten Produktkonzeption auf dem aktuellen Stand der Technik festgelegt und darüber hinaus verschiedene Verfahren aus vorangegangenen Normungs- und Richtlinien- sowie Forschungsarbeiten miteinander vereint. Die Kriterienauswahl ist dabei ausschließlich auf das Merkmal „recyclinggerecht“ abgestimmt. Das bedeutet, dass z. B. Kriterien, die den Lebenszyklus eines Produktes betreffen (Ressourcenverbrauch, Emissionen etc.), nicht berücksichtigt werden. Vielmehr sind Kriterien zu wählen, die in den Verwertungsverfahren eine erhöhte Ausbringung von Geräten und Bauteilen zur Wiederverwendung bzw. zum Recycling sowie die Erschließung von Wertstoffen, die bisher noch nicht ausreichend berücksichtigt wurden, beeinflussen.

Eine Vorauswahl geeignet erscheinender Kriterien wurde Akteuren von Verwertungseinrichtungen und Fachleuten für Demontage und/oder Reparatur zum Abgleich mit ihren Erfahrungswerten vorgelegt. Abschließend wurden entsprechende Rückmeldungen bei der Kriterienauswahl berücksichtigt sowie der für die Untersuchung endgültige Kriterienkatalog festgelegt und dem Auftraggeber vorgestellt.

4.2 Festgelegter Kriterienkatalog

Der für die Bewertung festgelegte Kriterienkatalog umfasst 15 Einzelkriterien, die in fünf Obergruppen zusammengefasst sind (vgl. Tabelle 5). Diese Obergruppen spiegeln die in § 4 ElektroG benannten direkt und indirekt ableitbaren Anforderungen wider (vgl. Punkt 2).

Tabelle 5: Obergruppen des festgelegten Kriterienkataloges nach rechtlichen Anforderungen

| Obergruppe | Kriterium-Nr. | betrifft |
|---|----------------------------------|---|
| Konkrete rechtliche Anforderungen | 1 plus Ausnahmeregelung | § 4 ElektroG Satz 2 und Satz 4 |
| Baustruktur und Verbindungstechnik – TEIL A | 2, 3, 4 plus Ausnahmeregelung | § 4 ElektroG Satz 3 |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL B | 5, 6, 7, 8, 9, 10 | § 4 ElektroG Satz 1 |
| Werkstoffwahl und Kennzeichnung | 11, 12, 13, | § 4 ElektroG Satz 1 |
| Selektive Behandlung | 14, 15 | § 11 ElektroG Abs. 2, Anhang III ElektroG |

Wie Tabelle 6 verdeutlicht, sind die jeweiligen Obergruppen in bis zu sechs einzelne Kriterien unterteilt, deren Umsetzung nach zwei bis fünf verschiedenen Arten erfolgen kann.

Dieser Kriterienkatalog dient als Vorlage für die Erfassung der Daten im Rahmen des Demontageprozesses (vgl. 6.2). Die in Tabelle 6 dargestellte Art der 15 Einzelkriterien stellt dabei eine vorläufige Gewichtung dar, die bei der weiteren Auswertung näher zu präzisieren ist (vgl. Punkt 7). Dies ist erforderlich, um den Erkenntnisgewinn der Demontagen entsprechend zu berücksichtigen.

Tabelle 6: Festgelegter Kriterienkatalog

| Nr. | Kriterium | Art* | gilt für | Ziel | mögliche Umsetzung |
|---|---|-------------|--|---|---|
| Konkrete rechtliche Anforderungen¹⁾ | | | | | |
| 1 | Sicherstellung der problemlosen Entnehmbarkeit der Batterien und Akkumulatoren (§ 4 ElektroG) | MUSS | Geräte gemäß ElektroG, die vollständig oder teilweise mit Batterien oder Akkumulatoren betrieben werden können | Schadstoffentnahme, Schadstoffentfrachtung | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug teilzerstörend (Verbindung) zerstörend (Bauteilbeschädigung) |
| zus. | sofern vorangehend "teilzerstörend / zerstörend": Erforderlichkeit einer ununterbrochene Stromversorgung aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten? | | | | ja nein |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL A²⁾ | | | | | |
| 2 | Lösbarkeit von Verbindungen, die im Rahmen der Demontage (ggf. Reparatur) getrennt werden müssen | MUSS | Gehäuse -> Baugruppen | Sicherstellung der Zugänglichkeit für Baugruppen für deren Entnahme / Austausch (u.a. im Rahmen der Wiederverwendung) bei Öffnung des Gerätes | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug teilzerstörend (Verbindung) zerstörend (Bauteilbeschädigung) |
| 3 | Gehäuseteile sind frei von Elektronikbaugruppen | MUSS | Gehäuse | Sicherstellung der Wiederverwendung und Trennung von unverträglichen Materialien | ja nein |
| 4 | Auffindbarkeit zu lösender Verbindungen | SOLL | gesamte Einheit | Sicherstellung der Zugänglichkeit für Baugruppen und Trennung von unverträglichen Materialien | vollständig erfüllt überwiegend erfüllt kaum erfüllt nicht erfüllt |
| → | Verhinderung der Wiederverwendung durch besondere Konstruktionsmerkmale (§ 4 ElektroG) (Auswertung Punkte 2 - 4, "nein", wenn alle MUSS-Kriterien positiv (grün/gelb) bewertet wurden) | | | | nein ja |
| zus. | sofern vorangehend "ja": Erforderlichkeit dieser Konstruktionsmerkmale aus rechtlichen Gründen, aufgrund von überwiegenden Vorteilen im Hinblick auf den Gesundheitsschutz, den Umweltschutz oder auf Sicherheitsvorschriften | | | | ja nein |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL B³⁾ | | | | | |
| 5 | Trennbarkeit miteinander unverträglicher Werkstoffe von Bauteilen | MUSS | Gehäuse -> Baugruppen | Sicherstellung der Trennung von unverträglichen Materialien bzgl. weiterer Verwertung | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug teilzerstörend (Verbindung) zerstörend (Bauteilbeschädigung) |
| 6 | Zerlegbarkeit in Einzelteile, die als Ersatzteile erhältlich sind | SOLL | gesamte Einheit | Sicherstellung möglicher Reparatur und Wiederverwendung | vollständig erfüllt überwiegend erfüllt kaum erfüllt nicht erfüllt |
| 7 | Vielfalt der Verbindungsarten | SOLL | gesamte Einheit | Reduzierung Demontageaufwand | wenige mehrere viele |
| 8 | Vielfalt der Demontagewerkzeuge | SOLL | gesamte Einheit | Reduzierung Demontageaufwand | wenige mehrere viele |
| 9 | Zugänglichkeit der Verbindungselemente (Arbeitsräume, Angriffspunkte für Demontagewerkzeug) | SOLL | gesamte Einheit | Reduzierung Demontageaufwand | vollständig / überwiegend erfüllt kaum / nicht erfüllt |
| 10 | Personaleinsatz bei Demontage | SOLL | gesamte Einheit | gesamte Einheit | eine Person mehrere Personen |
| Werkstoffwahl und Kennzeichnung³⁾ | | | | | |
| 11 | Die Werkstoffvielfalt bei Kunststoffbauteilen vergleichbarer Funktion ist auf einen Werkstoff begrenzt | SOLL | gesamte Einheit | Sicherstellung der getrennten Erfassung / Verwertung | ja nein |
| 12 | Kennzeichnung von Kunststoffteilen > 25 g und einer ebenen Fläche von mindestens 200 mm ² nach EN/ISO 11469 unter Beachtung von ISO 1043 | SOLL | gesamte Einheit | Sicherstellung der getrennten Erfassung / Verwertung | vollständig erfüllt überwiegend erfüllt kaum erfüllt nicht erfüllt |
| 13 | Färbung von Bauteilen, die aus dem gleichen Kunststoff gefertigt sind | SOLL | gesamte Einheit | Sicherstellung der getrennten Erfassung / Verwertung | einheitlich/verträglich teilweise keine |
| → | Erleichterung der Demontage, Wiederverwendung und stofflichen Verwertung von Altgeräten, Bauteilen und Werkstoffen (§ 4 ElektroG) | | | | ja nein |
| Selektive Behandlung⁴⁾ | | | | | |
| 14 | Entnahme von Bauteilen und Werkstoffen gemäß Anhang III ElektroG (mit Ausnahme von Batterien und Akkumulatoren) | MUSS | gesamte Einheit | Selektive Behandlung, Schadstoffentfrachtung, Vorbereitung Umsetzung § 11 Abs. 2 ElektroG | einfach mittel schwer |
| 15 | Kennzeichnung/Identifikation von Bauteilen und Werkstoffen gemäß Anhang III ElektroG | MUSS | gesamte Einheit | Selektive Behandlung, Schadstoffentfrachtung, Vorbereitung Umsetzung § 11 Abs. 2 ElektroG | eindeutig, einfach teilweise keine |
| → | Gewährleistung der selektiven Behandlung von den im ElektroG Anhang III genannten Stoffen, Gemischen und Bauteilen im Verwertungsprozess | | | | ja nein |

Anmerkungen

- * MUSS-Kriterien sind bzgl. der jeweiligen Anforderungen gemäß § 4 und § 11 Abs. 2 ElektroG mindestens zu erfüllen (grün/gelb)
- 1) in direkter Ableitung der Anforderungen gemäß § 4 ElektroG
- 2) in indirekter Ableitung der Anforderung, dass "die Wiederverwendung nicht durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindert werden soll" (§ 4 ElektroG)
- 3) in indirekter Ableitung der Anforderung, dass "Elektro- und Elektronikgeräte möglichst so zu gestalten sind, dass die Demontage und die Verwertung, insbesondere die Wiederverwendung und die stoffliche Verwertung von Altgeräten, ihren Bauteilen und Werkstoffen, berücksichtigt und erleichtert werden" (§ 4 ElektroG)
- 4) in Ableitung der Anforderungen gemäß § 11 Abs. 2 ElektroG und Anhang III bzgl. selektiver Behandlung

5 Auswahl zu betrachtender Gerätearten

Aus der

- Gerätekategorie (GK) 2: Haushaltskleingeräte,
- GK 3: Geräte der Informations- und Telekommunikationstechnik und
- GK 6: Elektrische und elektronische Werkzeuge

wurden Gerätearten im Vorfeld ausgewählt, von denen ca. 10 Produktbeispiele (Einzelgeräte verschiedener Hersteller) entsprechend dem in Punkt 4.2 festgelegten Kriterienkatalog bewertet werden. Dabei sollten sowohl „einfache“ Gerätearten, also Geräte, die aus vergleichsweise wenig Einzelkomponenten und Bauteilen bei weitgehend einheitlicher Baustruktur bestehen, als auch „komplexe“ Gerätearten betrachtet werden, die einem schnell fortschreitenden technologischen Entwicklungsprozess unterliegen.

In der praktischen Untersuchung (vgl. Punkt 6) werden die ausgewählten Produktbeispiele in Begleitung von Sachverständigen und Praktikern demontiert.

Folgende Gerätearten wurden für die praktische Untersuchung in Form einer Demontage und Bewertung anhand des festgelegten Kriterienkataloges (vgl. Punkt 4.2) ausgewählt (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Auswahl der im Rahmen einer Demontage betrachteten Gerätearten

| GK | Geräteart |
|----|--------------------------------|
| 2 | Rasierapparate (akkubetrieben) |
| 3 | Smartphones |
| 3 | LCD-Computermonitore |
| 6 | Akku-Schrauber |

5.1 Gründe für die Geräteartenauswahl

Ausgangspunkt für die Auswahl der Gerätearten waren die in § 4 ElektroG gestellten Anforderungen an die Produktkonzeption sowie die in § 11 ElektroG geforderte selektive Behandlung von Stoffen, Gemischen und Bauteilen nach Anhang III, da diese maßgebliche Kriterien einer recyclinggerechten Produktkonzeption darstellen.

Ein zentraler Punkt ist die Entnahme und selektive Behandlung von Batterien und Akkumulatoren. Gerade im Hinblick auf innenliegende oder in das Produkt fest verbaute Akkumulatoren ist die Betrachtung einer recyclinggerechten Umsetzung interessant. Dies spiegelt sich nicht zuletzt in der aktuellen medialen Präsenz dieser Thematik wider. Stellvertretend für das breite Anwendungsspektrum von

Akkumulatoren wurden die Gerätearten **Smartphones** und **Rasierapparate** ausgewählt.

Des Weiteren wird die selektive Behandlung quecksilberhaltiger Bauteile, wie z. B. Lampen für Hintergrundbeleuchtung, gefordert, da sie aufgrund ihrer Toxizität gesonderten Verwertungswegen zuzuführen sind. Hauptanwendungsgebiete für quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtungen sind LCD-Fernseher und LCD-Computermonitore. Darüber hinaus werden Notebooks und Smartphones mit immer großflächigeren Flüssigkristallanzeigen ausgestattet. Die Auswahl beschränkte sich hier auf **LCD-Computermonitore** und **Smartphones**.

Die Rückgewinnung kritischer Metalle und Edelmetalle aus Altgeräten gewinnt zunehmend an Bedeutung. Diesbezüglich stellen Leiterplatten Bauteile mit teils hohen Gehalten an diesen Metallen dar. Leiterplatten finden zudem in nahezu jedem elektronischen Produkt Anwendung. Die selektive Behandlung von Leiterplatten trägt zudem zu einer Schadstoffentfrachtung z. B. bromierte Flammenschutzmittel bei. Ausgewählt wurden diesbezüglich die Gerätearten **Smartphones** und **LCD-Computermonitore**.

In Anlehnung an das unter Punkt 3.6 genannte Forschungsprojekt „RePro“ verdeutlichen Tabelle 8 und Tabelle 9, in welchen Gerätearten welche besonderen bzw. strategischen Metalle vorzufinden sind.

Ein weiteres relevantes Kriterium im Hinblick auf hochwertige Recyclingverfahren ist die Werkstoffwahl bzw. die Vielfalt der verwendeten Werkstoffe in einem Produkt. So ist die Trennung miteinander unverträglicher Werkstoffe bei der Verwertung ein wichtiger Indikator für eine recyclinggerechte Umsetzung der Produktkonzeption. Um Produkte, die neben einem hohen Gehalt verschiedener Metalle (Bauteile wie z.B. Motoren sowie Stabilisierungselemente) auch eine Vielzahl von Kunststoffkomponenten vereinen, zu untersuchen, wurden die Gerätearten **Akku-Schrauber**, **LCD-Computermonitore** und **Rasierapparate** ausgewählt.

Bei allen ausgewählten Gerätearten handelt es sich um weit verbreitete und haushaltsübliche Produkte. Aufgrund des hohen Ausstattungsgrades in den Haushalten kann davon ausgegangen werden, dass bei einem Defekt diese Geräte innerhalb eines kurzen Zeitraumes durch ein Neuprodukt ersetzt werden. Dabei ist die Nutzungsdauer der einzelnen Gerätearten unterschiedlich. Diese wird zumindest bei LCD-Computermonitoren und Smartphones durch fortlaufende Produktentwicklungen und auch technologische Trends beeinflusst.

Tabelle 8: Produkt-Komponenten-Matrix²⁰

| | | Lote, Kontaktflächen | Leiterplatten | LED | Magnete | Batterien | Laser / Optoelektronik | Bildschirmbeschichtung, Leuchtstoffe |
|------|-----------------------------------|----------------------|---------------|-----|---------|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| 3.11 | Smartphone | X | X | X | X | X | X | X |
| 3.14 | LCD Monitor* | X | X | X | | | | X |
| 5.1 | Bohrmaschine, batteriebetrieben** | X | X | | X | X | | |
| 5.4 | Rasierapparat | X | X | | | X | | |

* entspricht LCD-Computermonitor

** entspricht Akku-Schrauber

Tabelle 9: Komponenten-Metalle-Matrix²¹

| | Gold | Silber | Palladium | Kobalt | Gallium | Indium | Zinn | Neodym | Yttrium | Tantal |
|--------------------------------------|------|--------|-----------|--------|---------|--------|------|--------|---------|--------|
| Lote, Kontaktflächen | ++ | ++ | ++ | | | | +++ | | | |
| Leiterplatten (bestückt) | ++ | ++ | +++ | + | ++ | | | | | +++ |
| LED | | | | | ++ | + | | | | |
| Magnete | | | | | | | | +++ | | |
| Batterien | | + | | +++ | | | | ++ | | |
| Laser / Optoelektronik | | | | | + | | | | | + |
| Bildschirmbeschichtung, Leuchtstoffe | + | + | | | | +++ | + | | +++ | |

²⁰ Auszug nach [BMU/UBA 2012].

²¹ Gemäß [BMU/UBA 2012]: „+++“ bezeichnet Komponenten, die mehr als 50% der Nachfrage für den Elektroniksektor ausmachen, „++“ zwischen 10% und 50% und „+“ Komponenten mit weniger als 10%. Es zeigt sich, dass sich die meisten Metalle auf wenige Komponenten konzentrieren.

5.2 Kriterien bei der Auswahl der Produktbeispiele

Grundsätzlich sollen die Produktbeispiele innerhalb der jeweiligen Geräteeart die gleiche Funktionalität aufweisen und ihr Herstellungsdatum bzw. das Datum des Inverkehrbringens nach 2006 angesiedelt sein. Letzteres bedeutet, dass es sich gemäß ElektroG um sogenannte neue Altgeräte²² handelt, die der Kennzeichnungspflicht laut § 7 ElektroG unterliegen und für die das derzeit gültige ElektroG vollumfänglich anzuwenden ist. Das Merkmal der Kennzeichnung erlaubt bei der Auswahl der Produktbeispiele die entsprechende zeitliche Einordnung.



Abbildung 3: Beispiel für die Umsetzung der Kennzeichnungspflicht gemäß § 7 ElektroG mit Angabe des Herstellungsdatums (Typenschild eines LCD-Computermonitors)

Die **Smartphones**, die für die Untersuchung herangezogen werden, unterliegen folgenden Anforderungen:

- Die Funktionalität des Smartphones geht weit hinaus über die eines herkömmlichen Mobiltelefons (Telefonieren, SMS/MMS, Fotografie).
- Das Smartphone verfügt über ein eigenes Betriebssystem, welches erweiterte Funktionalitäten wie mobilen Internetzugang, Termin- und Adressverwaltung, Textverarbeitung, E-Mail und Multimediafähigkeit (Musik, Foto, Video) ermöglicht.
- Gesteuert wird das Smartphone per Touchscreen, mit einem speziellen Stift oder über die Tastatur.

Die **Akku-Schrauber**, die für die Untersuchung herangezogen werden, unterliegen folgenden Anforderungen:

- Es handelt sich um herkömmliche, im Haushalt gebräuchliche Akku-Schrauber.
- Der Akku-Schrauber verfügt über keine weiteren besonderen Funktionen, wie z. B. zusätzliche eine Schlagbohr-Funktion.

²² In Abgrenzung zu historischen Altgeräten, die vor dem 13. August 2005 in Verkehr gebracht wurden.

- Keine Einschränkung bei der Leistung des Gerätes.

Die **Rasierapparate**, die für die Untersuchung herangezogen werden, unterliegen folgenden Anforderungen:

- Es handelt sich um herkömmliche, im Haushalt gebräuchliche Rasierapparate.
- Die Rasierapparate müssen aufladbar sein, d. h. per Akkumulator betrieben werden können.
- Sowohl Nass-/Trocken-Rasierapparate als auch ausschließlich Trocken-Rasierapparate sind zugelassen.
- Haarschneidegeräte bzw. Epiliergeräte werden nicht berücksichtigt.
- Verschiedene Bauformen und Ausgestaltungen der Scherköpfe sind zugelassen.

Die **LCD-Computermonitore**, die für die Untersuchung herangezogen werden, unterliegen folgenden Anforderungen:

- Es handelt sich um herkömmliche, im Haushalt oder Büro gebräuchliche LCD-Computermonitore (Flachbildschirme).
- LCD-Fernsehgeräte werden nicht berücksichtigt.
- Andere Flachbildschirmarten (z. B. LED, Plasma) oder Röhrengeräte werden nicht berücksichtigt.
- Keine Einschränkung bzgl. Bildschirmdiagonale und Bildschirmformat. Die LCD-Computermonitore können weitere Funktionen (z. B. integrierte Lautsprecher) aufweisen.
- Alle LCD-Computermonitore können eigenständig stehen und verfügen über einen entsprechenden Monitorstandfuß.

5.3 Beschaffung und Sichtung der Produktbeispiele

Die Beschaffung der Produktbeispiele, die im Rahmen der Demontagen zerlegt wurden, erfolgte aus

- Rücknahmen an kommunalen Recyclinghöfen,
- Händlerrücknahmen,
- Überlassung/Ankauf von Privatpersonen, Firmen und Verwerter sowie als
- Neukauf.

Dabei durften die Geräte keine physischen Schäden oder Zerstörungen aufweisen, die das Ergebnis der Kriterienaufnahme bei der Demontage hätten beeinflussen können. Defekte einzelner Bauteile (z. B. gebrochenes Display) oder feh-

lende Bestandteile (z. B. bereits entfernter Akkumulator) wurden bei der Sichtung und Aufnahme der Produktbeispiele berücksichtigt.

Auffällig bei der Sichtung von Einzelgeräten aus der Rücknahme an kommunalen Sammelstellen ist, dass bzgl. der Gerätearten LCD-Computermonitore und Akku-Schrauber nur ein sehr geringer Anteil jünger als 2006 ist. Smartphones fallen an diesen Anfallstellen praktisch gar nicht an. Eine Internetrecherche über das Portal ebay ergab, dass defekte, teilweise physisch zerstörte Smartphones noch zu vergleichsweise hohen Preisen, mitunter dreistellige Beträge, verkauft werden.

Für die praktische Untersuchung infrage kommende Einzelgeräte wurden im Vorfeld der Demontagen mit Hilfe von Datenblättern erfasst. Neben der Aufnahme von Produktdaten wie u. a. Hersteller- und Typbezeichnung wurden die Geräte vermessen, verwogen und per Foto dokumentiert (vgl. Abbildung 4 und die in **Anhang II bis Anhang V** angefügten ausgefüllten Datenblätter der Produktbeispiele).

Abbildung 4: Datenblatt (blanko) für die Sichtung und Aufnahme der festgelegten Produktbeispiele im Vorfeld der Demontagen

5.4 Ausgewählte Produktbeispiele

Die für die Demontagen ausgewählten Produktbeispiele sind der Tabelle 10, Tabelle 11, Tabelle 12 und Tabelle 13 zu entnehmen. Ab **Anhang II** sind die Datenblätter zu den Produktbeispielen aufgeführt.

Tabelle 10: Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (Rasierapparate)

| Rasierapparate | Nr. | Herstellungsdatum | Herkunft | Preis (ca. in D)* | |
|----------------|---------|-------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| | 1 | mit Kennz. | Recyclinghof | 70 € | Angabe aus 2007 |
| | 2 | mit Kennz. | Recyclinghof | 200 € | Angabe aus 2006 |
| | 3 | mit Kennz. | Recyclinghof | 70 € | Angabe aus 09/2006 |
| | 4 | mit Kennz. | Recyclinghof | k.A., vermutlich ca. 70 € | |
| | 5 | mit Kennz. | Verwerter | 50 € | Angabe 11/2006 |
| | 6 | Jun. 09 | Händlerrücknahme | 35 € | Angabe eines Folgemodells in 2011 |
| | 7 | Jun. 10 | Händlerrücknahme | k.A., vermutlich ca. 35 € | |
| | 8 | mit Kennz. | Neukauf | 15 € | Angabe aus 05/2013 |
| | 9 | mit Kennz., 2012 | Neukauf | 30 € | Angabe aus 05/2013 |
| 10 | Dez. 12 | Neukauf | 30 € | Angabe aus 05/2013 | |

* Preisangaben nach www.heise.de/Preisvergleich/ bzw. Preis bei Neukauf

Tabelle 11: Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (LCD-Computermonitore)

| LCD-Computermonitore | Nr. | Herstellungsdatum | Herkunft | Preis (ca. in D)* | |
|----------------------|---------|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| | 1 | Aug. 06 | Recyclinghof | 200 € | Angabe aus 07/2006 |
| | 2 | mit Kennz. | ebay | 230 € | Angabe aus 2007 |
| | 3 | Okt. 07 | Überlassung | 180 € | Angabe aus 09/2007 |
| | 4 | Okt. 07 | Gebrauchtkauf | 260 € | Angabe aus 11/2007 |
| | 5 | Apr. 08 | Gebrauchtkauf | 200 € | Angabe aus 08/2008 |
| | 6 | Feb. 09 | Recyclinghof | 200 € | Angabe aus 01/2009 |
| | 7 | Apr. 09 | Gebrauchtkauf | 120 € | Angabe aus 05/2009 |
| | 8 | Sep. 09 | Gebrauchtkauf | 100 € | Angabe aus 09/2009 |
| | 9 | Apr. 10 | ebay | 150 € | Angabe aus 04/2010 |
| | 10 | Apr. 10 | Gebrauchtkauf | 130 € | Angabe aus 06/2010 |
| 11 | Mai. 10 | Gebrauchtkauf | 130 € | Angabe aus 04/2010 | |

* Preisangaben nach www.heise.de/Preisvergleich/

Tabelle 12: Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (Smartphones)

| Smartphones | Nr. | Herstellungsd. (Markteinf.)* | Herkunft | Markteinführungspreis in D* |
|-------------|-----|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | 1 | mit Kennz. (1. Quartal 2006) | Überlassung | 460 € |
| | 2 | mit Kennz. (3. Quartal 2007) | Überlassung | 400 € |
| | 3 | mit Kennz. (4. Quartal 2007) | Gebrauchtkauf | 500 € |
| | 4 | mit Kennz. (3. Quartal 2008) | Überlassung | 500 € |
| | 5 | mit Kennz. (3. Quartal 2008) | Gebrauchtkauf | 350 € |
| | 6 | mit Kennz. (3. Quartal 2009) | Verwerter | 500 € |
| | 7 | mit Kennz. (4. Quartal 2009) | Überlassung | 450 € |
| | 8 | mit Kennz. (4. Quartal 2009) | Überlassung | 620 € |
| | 9 | mit Kennz. (2. Quartal 2010) | Eigenbestand | 630 € |
| | 10 | mit Kennz. (4. Quartal 2010) | Gebrauchtkauf | 460 € |
| | 11 | mit Kennz. (2. Quartal 2011) | Gebrauchtkauf | 430 € |
| | 12 | Jun 2011 (2. Quartal 2011) | Eigenbestand | 600 € |
| | 13 | mit Kennz. (3. Quartal 2011) | Überlassung | 600 € |
| | 14 | mit Kennz. (4. Quartal 2012) | Gebrauchtkauf | 680 € |

* Daten zur Markteinführung und Markteinführungspreis nach www.inside-handy.de

Tabelle 13: Für Demontage festgelegte Produktbeispiele (Akku-Schrauber)

| Akku-Schrauber | Nr. | Herstellungsdatum | Herkunft | Preis (ca. in D)* |
|----------------|-----|-------------------|------------------|-------------------|
| | 1 | mit Kennz., 2005 | Händlerrücknahme | k.A. |
| | 2 | 2008 | Händlerrücknahme | 80 € |
| | 3 | 2008 | Händlerrücknahme | k.A. |
| | 4 | 2008 | Recyclinghof | k.A. |
| | 5 | Okt. 08 | ebay | 30 € |
| | 6 | Mai. 11 | Recyclinghof | 70 € |
| | 7 | 2012 | Neukauf | 40 € |
| | 8 | Mai. 13 | Neukauf | 50 € |

* Preisangaben nach www.heise.de/Preisvergleich/ bzw. Preis bei Neukauf

6 Praktische Untersuchungen (Demontagen)

6.1 Anforderungen an die Demontage der ausgewählten Produktbeispiele

Die Demontage der ausgewählten Produktbeispiele muss „selbsterklärend“ sein. Das bedeutet, dass eine ausgebildete Zerlegefachkraft eigenständig und ohne detaillierte Informationen zu dem jeweiligen Produktbeispiel in der Lage sein muss, das Gerät zerstörungsfrei zu öffnen und einzelne Bauteile ebenfalls zerstörungsfrei zu entnehmen, sofern die im Produkt eingesetzten Verbindungselemente dies erlauben.

Eventuell vorliegende recyclingrelevante Informationen, die z. B. im Internet oder über Handbücher vorhanden sind, werden somit bei den im Folgenden dargestellten Demontagen nicht berücksichtigt, da diese Informationen unter den zeitlichen und wirtschaftlichen Vorgaben beim Demontageprozess i. d. R. nicht berücksichtigt werden können.

Im Vorfeld der Demontage wurde festgelegt, dass Werkzeuge für das Lösen von Verbindungen, die nicht im herkömmlichen Demontageprozess verwendet werden, als Spezialwerkzeuge aufgefasst werden. Dies betrifft u. a. das Lösen von speziellen Verschraubungen (entweder besondere Schraubkopfantriebe bzw. besonders kleine Schraubengrößen) und das Lösen von Lötverbindungen per LötKolben.

6.2 Umsetzung der Demontagen

Die Demontagen fanden am 15. und 16. Mai 2013 bei der Firma ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH (Hannoversche Str. 66a, 38116 Braunschweig) statt. Die Firma ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH ist Entsorgungsfachbetrieb sowie Erstbehandler von Elektro- und Elektronikaltgeräten im Sinne des § 11 ElektroG.

Die ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH hat Anfang 2006 eine Annahmestelle für die Sammelgruppen 1, 3 und 5 für Elektro(nik)-Altgeräte aus Privathaushalten eingerichtet. Seit 2009 betreibt die ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH für Hersteller von Elektrogeräten als Beauftragter Dritter

- ein System zur Eigenrücknahme nach § 9 (8) ElektroG und
- ein System zur Abwicklung der Abholanordnungen nach § 9 (5) ElektroG.

Die Demontagen erfolgten durch eine Zerlegefachkraft mit zusätzlicher Begleitung eines ansässigen Projektleiters (alle ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH). Die Datenaufnahme und Fotodokumentation der jeweiligen Demontagen

erfolgte durch eine Sachverständige für Elektrogeräteentsorgung und Projektmitarbeiter (alle cyclos GmbH).

Bei der Demontage zerlegt die Zerlegefachkraft die jeweiligen Produktbeispiele nach Vorgaben der cyclos-Mitarbeiter unter Kommentierung der einzelnen Bearbeitungsschritte. Gegebenenfalls auftretende Klarstellungen und Rückfragen werden gegenseitig erörtert, abschließend werden die Erkenntnisse in vorgefertigte Datenblätter gemäß Kriterienkatalog übertragen. Einzelne Geräte werden für die Nachbereitung der Datenaufnahme bei cyclos einbehalten, die übrigen Produktbeispiele werden durch die ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH der weiteren Verwertung zu geführt.

Das Gerät Smartphone 14 wurde nachträglich am 03. September 2013 bei der cyclos GmbH durch Mitarbeiter der cyclos GmbH in Anwesenheit einer Sachverständigen für Elektrogeräteentsorgung zerlegt. Die Vorgehensweise entsprach dabei den vorangegangenen Demontagen.

6.3 Ergebnisse und Erkenntnisse der Demontagen

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erkenntnisse der Demontagen übergeordnet nach Geräteart dargestellt. Die Auswertungen der einzelnen Produktbeispiele sind ab **Anhang II** aufgeführt.

6.3.1 Ergebnisse der Produktbeispiele Rasierapparate

Im Rahmen der Demontage bei der Firma ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH wurden insgesamt 10 Einzelgeräte von 7 unterschiedlichen Herstellern demontiert (vgl. Tabelle 10).

Grundsätzliche Arbeitsschritte bei der Zerlegung von Rasierapparaten:

Scherkopfaufsatz ausschließlich manuell per Druckknopf lösbar; Gehäuseöffnung i. d. R. per unterschiedlicher Schraubverbindungen (teilweise hinter geklicktem Griff); Scherkopf i. d. R. per Klipp gesichert, wobei einzelne zugehörige Bauteile gesteckt sind; Langhaarschneider i. d. R. eingeschoben; Elektronikbauteile (Motor, Leiterplatte) entweder in Gehäuse eingeschoben oder eingelegt (teilweise zusätzlich verschraubt); Akkumulator immer innenliegend und erfordert somit das Öffnen des Gehäuses.

Erforderliche Werkzeuge bei Zerlegung:

Vor allem Akku-Schrauber zum Lösen der Schraubverbindungen, teilweise Hebelwerkzeug zum Lösen und Entfernen von geklickten bzw. eingelegten Bauteilen, teilweise Zange zur Entnahme eingeschobener Bauteile.

Wesentliche Unterschiede bei Umsetzung der jeweiligen Kriterien (gemäß Kriterienkatalog (vgl. Tabelle 6):

1. **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug** (Öffnen des Gehäuses), wenn Akkumulator eingesteckt (vgl. Abbildung 5)

ODER

zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug, wenn Akkumulator mit Leiterplatte verlötet (Lösen der Lötverbindung, vgl. Abbildung 5)



Abbildung 5: Gesteckte Akkumulatoren (links); verlöteter Akkumulator (rechts)

2. immer **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug** (betrifft Öffnen des Gehäuses)

3. immer **ja**, keine Elektronikbaugruppen in Gehäusen festgestellt

4. **vollständig erfüllt**, wenn Schraubverbindungen direkt visuell sichtbar sind

ODER

Abstufungen, sofern relevante Verbindungselemente durch Gehäuseelemente (Griff, Kunststoffnoppen) schwer auffindbar sind bzw. eine besondere Zerlegereihenfolge für ein problemloses Öffnen einzuhalten ist

5. **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug**, wenn Steck- oder Schraubverbindungen vorgesehen sind (vgl. Abbildung 6)

ODER

zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug, wenn Bauteile fest miteinander oder auf Trägerschalen angebunden (verlötet) sind (vgl. Abbildung 6)



Abbildung 6: Eingelegter Motor mit gesteckten Kabelverbindungen (links); gesteckte Leiterplatte (Mitte); mit Trägerschale fest verbundene Leiterplatte (rechts)

6. **vollständig erfüllt**, wenn Steck- oder Schraubverbindungen (auch bei Kabeln) vorgesehen sind

ODER

überwiegend erfüllt, wenn einzelne Kabelverbindungen fest verlötet sind

ODER

kaum erfüllt, wenn ganze Bauteile (Motor) fest verlötet sind

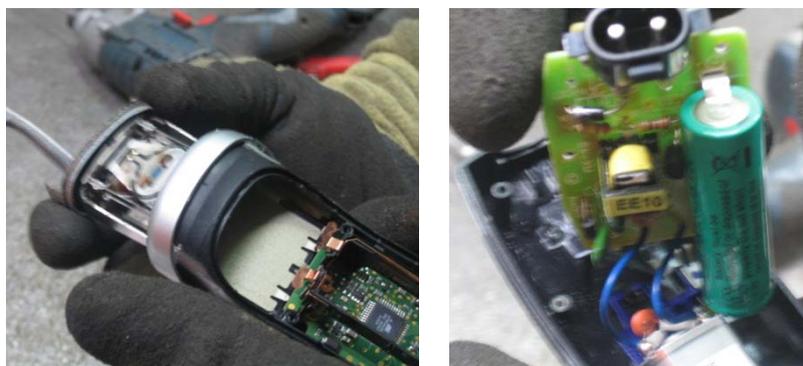


Abbildung 7: Eingeschobener Motor mit gesteckten Kontakten zur Leiterplatte (links); Leiterplatte mit jeweils verlöteten Kabelverbindungen (rechts)

7. **wenige**, wenn neben einheitlicher Schraubverbindung die jeweiligen Bauteile gesteckt oder eingeschoben sind (ohne Betrachtung selektiv zu behandelnder Akkumulatoren und Leiterplatten)

ODER

mehrere, wenn Schraubverbindungen abweichend zu oben unterschiedlich sind bzw. übermäßig viele Schraubverbindungen vorgesehen sind

8. **wenige**, wenn neben den eingangs genannten erforderlichen Werkzeugen keine weiteren Werkzeuge benötigt werden (ohne Berücksichtigung von Lötverbindungen, da bei Demontage nicht verwendet)

9. immer **vollständig/überwiegend erfüllt**, es konnten keine relevanten Einbauten festgestellt werden, bei denen die Zugänglichkeit behindert wird
10. immer **eine Person**, die vollumfänglich die Zerlegung durchführen kann
11. **ja**, wenn ein einheitlicher Kunststoff für größere Bauteile vergleichbarer Funktion (i. d. R. Gehäuse) eingesetzt wird
ODER
nein, wenn unterschiedliche Kunststoffe für größere Bauteile vergleichbarer Funktion (i. d. R. Gehäuse) eingesetzt werden
12. **vollständig erfüllt**, wenn entsprechende Kennzeichnung vorgesehen ist
ODER
in Abstufungen, wenn entsprechende Kennzeichnung (teilweise) nicht vorgesehen bzw. nicht auffindbar ist
13. **einheitlich/verträglich**, wenn Bauteile des gleichen Kunststoffes (i. d. R. Gehäuse) die gleiche Färbung haben
ODER
keine, wenn Bauteile aus unterschiedlichen Kunststoffen die gleiche Färbung haben bzw. Bauteile aus gleichen Kunststoffen eine unterschiedliche Färbung haben
14. **einfach**, wenn Leiterplatte geschraubt oder gesteckt ist und Kabelverbindungen dazu ebenfalls gesteckt angebracht sind
ODER
mittel, wenn die Leiterplatte selbst bzw. deren Kabelverbindungen verlötet sind
15. immer **eindeutig, einfach**, da sowohl Leiterplatten als auch Akkumulatoren durchweg visuell als solche erkennbar sind, Akkumulatoren sind entsprechend gekennzeichnet

6.3.2 Ergebnisse der Produktbeispiele LCD-Computermonitore

Im Rahmen der Demontage bei der Firma ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH wurden insgesamt 11 Einzelgeräte von 8 unterschiedlichen Herstellern demontiert (vgl. Tabelle 11).

Grundsätzliche Arbeitsschritte bei der Zerlegung von LCD-Monitoren:

Die Zerlegung von LCD-Monitoren findet an zwei Arbeitsplätzen statt. Am ersten Arbeitsplatz werden Monitoreinheit und Monitorfuß voneinander getrennt und die Monitoreinheit bis zur Entnahme der LCD-Einheit für die weitere Zerlegung an einem zweiten Arbeitsplatz mit Absaugung aufgrund der quecksilberhaltigen²³ Beleuchtung vorbereitet.

1. Arbeitsplatz Zerlegung/Vorbereitung: Abtrennen und Zerlegen des Monitorfußes durch Lösen von Schraub- und Klickverbindungen (Aufwand der Zerlegung des Monitorfußes je nach baulicher Ausgestaltung sehr unterschiedlich); Öffnen des Monitorgehäuses, i. d. R. Klickverbindung, teilweise zusätzlich mit Schrauben gesichert; Lösen gesteckter Kabelverbindungen zwischen Netzteilereinheit, Leiterplatte Bedienfeld, LCD sowie Hg-Beleuchtung; Lösen externer Leiterplatten und optionaler Bauteile wie Lautsprecher (i. d. R. verschraubt); Zerlegung der Netzteilereinheit durch Lösen von i. d. R. Schraubverbindungen der Leiterplatten; Entnahme der LCD-Einheit; Lösen der i. d. R. geschraubten Abdeckung der LCD-Leiterplatte; Lösen der LCD-Leiterplatte.
2. Arbeitsplatz Absaugung: Weitere Zerlegung der LCD-Einheit durch Aufbiegen des Metallrahmens, Aufklappen, Ablösen der geklebten Goldkontakte zwischen LCD und Netzteilereinheit, Lösen des geklickten Kunststoffrahmens, Entnahme der eingelegten Folien (i. d. R. drei) und PMMA Scheibe, Entfernen der beidseitig angebrachten Hg-Beleuchtung, vielfach per Trägerleiste an LCD-Einheit befestigt (geklickt, geschraubt oder geklebt), Hg-Beleuchtung dort eingeklickt.

Erforderliche Werkzeuge bei Zerlegung:

Akku-Schrauber zum Lösen der Schraubverbindungen, Hebelwerkzeug zum Lösen der Klick- und Klebeverbindungen, ggf. ergänzend Feinwerkzeug zum Lösen der gesteckten Elektronikverbindungen, ggf. Schneidwerkzeug zum Lösen von Klebebändern bei Fixierungen.

Wesentliche Unterschiede bei Umsetzung der jeweiligen Kriterien (gemäß Kriterienkatalog, vgl. Tabelle 6):

²³ Im Folgenden verkürzte Schreibweise „Hg“ für Quecksilber.

1. trifft nicht zu
2. immer **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug** (betrifft das Öffnen des Gehäuses)²⁴
3. immer **ja**, keine Elektronikbaugruppen in Gehäusen festgestellt
4. **vollständig erfüllt**, da Schraubverbindungen direkt visuell sichtbar waren
ODER
überwiegend erfüllt, da Schrauben teilweise abgedeckt sind bzw. Ansatzpunkte für Klickverbindungen schwer aufzufinden sind
ODER
kaum erfüllt, da Öffnungs- und Ansatzpunkte zur Entfernung des Monitorfußes innenliegend im Monitorgehäuse sind und bei der Zerlegung erst nachträglich gefunden werden
5. überwiegend **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug**, wenn Steck- oder Schraubverbindungen vorgesehen sind
ODER
teilzerstörend (Verbindung), wenn Verbindungselemente trotz umsichtiger Zerlegung zerstört wurden (vgl. Abbildung 8)



Abbildung 8: Konsole des Monitorfußes, Kunststoffplatte wärmebehandelt an Fe-Bauteil angebracht (links); beim Lösen wird die Verbindung am Kunststoffbauteil beschädigt (Mitte); Kunststoffverbindungen brechen beim Lösen der Stabilisatoren (rechts)

6. **vollständig erfüllt**, wenn ausschließlich Steck-, Schraub- oder Klickverbindungen vorgesehen sind

²⁴ Bei einigen Produktbeispielen (LC1, LC10) wurden im Rahmen der Zerlegung Verbindungselemente beschädigt. Grundsätzlich ist hier eine zerstörungsfreie Zerlegung aber möglich. Die Zerlegung der heterogen ausgeführten Monitorfüße wird in diesem Kriterium nur untergeordnet berücksichtigt.

Lediglich ein Produktbeispiel (LC1) wies Aussparungen zum Öffnen des Gehäuses (Klickverbindungen) auf.

ODER

überwiegend erfüllt, wenn einzelne Bestandteile mit verklebt oder zusätzlich mit Klebeband fixiert sind

ODER

kaum erfüllt, wenn für das Lösen die Zerstörung von Verbindungselementen in Kauf genommen werden muss (vgl. Abbildung 9)



Abbildung 9: Entfernen der Netzteil-Leiterplatten (links); neben Verschraubung mit Kunststoffstiften gesichert, die beim Ablösen zerstört werden müssen (Mitte)

7. **wenige**, wenn neben einheitlicher Schraubverbindung die jeweiligen Bauteile gesteckt oder eingeschoben sind (ohne Betrachtung selektiv zu behandelnder Akkumulatoren und Leiterplatten)

ODER

mehrere, wenn Schraubverbindungen abweichend zu oben unterschiedlich sind bzw. viele Schraubverbindungen vorgesehen sind

ODER

viele, wenn nicht einheitliche Schraubverbindungen und Muttergrößen verbaut sind bzw. übermäßig viele Schraubverbindungen vorgesehen sind

8. **wenige**, wenn neben den eingangs genannten erforderlichen Werkzeugen keine weiteren Werkzeuge benötigt werden

ODER

mehrere, wenn verschiedene Aufsätze für das Lösen von Schraubverbindungen notwendig sind und verstärkt Schneidwerkzeug für das Lösen von Klebebandfixierungen erforderlich ist

9. immer **vollständig / überwiegend erfüllt**, wenn keine relevanten Einbauten festgestellt werden, bei denen die Zugänglichkeit behindert wird

10. immer **eine/zwei Person(en)** bzw. 2 Arbeitsbereiche wg. Hg-Beleuchtung (Absaugung)

11. **ja**, wenn einheitlicher Kunststoff bzw. bei der Verwertung verträgliche Kunststoffe für größere Bauteile vergleichbarer Funktion (i. d. R. Gehäuse) eingesetzt sind
- ODER
- nein**, wenn für größere Bauteile mit vergleichbarer Funktion unterschiedliche Kunststoffe eingesetzt sind, die in der Verwertung nicht miteinander verträglich sind
12. **vollständig erfüllt**, wenn entsprechende Kennzeichnung für größere Kunststoffteile vorgesehen ist
- ODER
- in Abstufungen, wenn entsprechende Kennzeichnung (teilweise) nicht vorgesehen bzw. nicht auffindbar ist
13. **einheitlich/verträglich**, Bauteile des gleichen Kunststoffes (i. d. R. Gehäuse) weisen einheitliche Farbe auf
- ODER
- teilweise**, wenn gleichartige Kunststoffe überwiegend gleiche Färbung haben
- ODER
- keine**, wenn verschiedene, nicht verträgliche Kunststoffe dieselbe Färbung haben bzw. gleiche Kunststoffe unterschiedlich gefärbt sind
14. überwiegend **einfach**, wenn die Leiterplatte eingelegt, gesteckt oder mit wenigen einheitlichen Schrauben eingebaut ist
- ODER
- mittel**, wenn Leiterplatte aufwändig verschraubt ist bzw. Kabelverbindungen mit Pasten oder Klebeband zusätzlich fixiert sind
- ODER
- schwer**, wenn Bauteile ausschließlich unter Zerstörung der Verbindungselemente entfernt werden können
15. **eindeutig, einfach**, wenn Kennzeichnung bzgl. Hochspannung oder Hg-Beleuchtung auf Gehäuse und LCD-Einheit; LCD, Platinen, Hg-Beleuchtung visuell durchweg bei Öffnung erkennbar
- ODER
- teilweise**, wenn Kennzeichnung bzgl. Hochspannung oder Hg-Beleuchtung auf Gehäuse und Kennzeichnung auf LCD-Einheit fehlt

ODER

keine, wenn keine Kennzeichnung auf Gehäuse und Kennzeichnung auf LCD-Einheit fehlt bzw. nicht lesbar ist

Die Monitoreinheit ist i. d. R. einheitlich aufgebaut. Große Unterschiede zeigen die einzelnen Produktbeispiele bei der Demontage des Monitorfußes, die sehr heterogen und unterschiedlich bzgl. des Demontageaufwandes ausgestaltet sind. Die Datenblätter und aufgenommenen Kriterien in **Anhang II bis Anhang V** geben entsprechende Detailhinweise.

6.3.3 Ergebnisse der Produktbeispiele Smartphones

Im Rahmen der Demontage bei der Firma ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH wurden insgesamt 13 Einzelgeräte von 5 verschiedenen Herstellern demontiert. Das Gerät Smartphone 14 wurde nachträglich am 03. September 2013 zerlegt. Die Vorgehensweise entsprach dabei den vorangegangenen Demontagen. In Summe wurden somit 14 Einzelgeräte von 5 verschiedenen Herstellern demontiert (vgl. Tabelle 12).

Grundsätzliche Arbeitsschritte bei der Zerlegung von Smartphones:

Akkumulator i. d. R. nach manuellem Lösen der Blende gesteckt und ohne erforderliches Werkzeug zu entnehmen; weitere Gehäuseöffnung erfordert i. d. R. zunächst das Lösen von Schraubverbindungen und anschließend das Lösen von Klickverbindungen zur Trennung der einzelnen Gehäuseaußen- und -innenschalen. Leiterplatte i. d. R. gesteckt und mit einzelnen Schrauben fixiert. Elektronikverbindungen zwischen Display/Touchscreen und Leiterplatten überwiegend gesteckt. Einzelne Bauteile sind vielfach mit Kleber fixiert und leicht lösbar, in Einzelfällen auch flächige Verklebungen (i. d. R. nur mit Bauteilbeschädigung trennbar).

Erforderliche Werkzeuge bei Zerlegung:

Akku-Schrauber zum Lösen der Schraubverbindungen, Hebelwerkzeug zum Lösen der Klick- und Klebeverbindungen, ggf. ergänzend Feinwerkzeug zum Lösen der gesteckten Elektronikverbindungen.

Wesentliche Unterschiede bei Umsetzung der jeweiligen Kriterien:

1. **zerstörungsfrei ohne Werkzeug** (Lösen der geklickten Blende), Akkumulator innenliegend gesteckt (vgl. Abbildung 10)²⁵



Abbildung 10: Entnahme des Akkumulators zerstörungsfrei ohne Werkzeug

ODER

²⁵ Wenn der Akkumulator bei der Demontage nicht vorlag, wurde aufgrund der Bauweise eine Annahme diesbezüglich getroffen.

zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug, wenn Akkumulator innenliegend und Gehäuseöffnung per Spezialwerkzeug erfolgen muss (vgl. Abbildung 11 bis Abbildung 13)



Abbildung 11: Entnahme des Akkumulators mit Spezialwerkzeug, hier Spezialverschraubung



Abbildung 12: Öffnen der Spezialverschraubung, hier aufgebohrt, da das Spezialwerkzeug bei Demontage nicht vorlag (links); Aufschieben der Rückseite (rechts)



Abbildung 13: Abnehmen der Rückseite (links); Lösen des Akkumulators (fixiert mit Klebeverbindung), hier Lösen der Elektroniksteckverbindung (rechts)

2. überwiegend **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug** (betrifft das Öffnen des Gehäuses)

ODER

zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug, wenn Gehäuseöffnung per Spezialwerkzeug erfolgen muss (vgl. Abbildung 11 bis Abbildung 13)

ODER

zerstörend (Bauteilbeschädigung), (vgl. Abbildung 14)



Abbildung 14: Abhebeln des geklickten und zusätzlich verklebten Touchscreens (links), dabei wird Touchscreen-Einheit beschädigt; Ablösen des Touchscreens (Mitte); Klebeverbindungen zwischen Touchscreen und verbleibendem Elektronikträger (rechts)

3. überwiegend **ja**, keine Elektronikbaugruppen in Gehäusen festgestellt (vgl. Abbildung 15)

ODER

nein, wenn Elektronikbaugruppen fest mit Gehäuse verbunden (vgl. Abbildung 15)

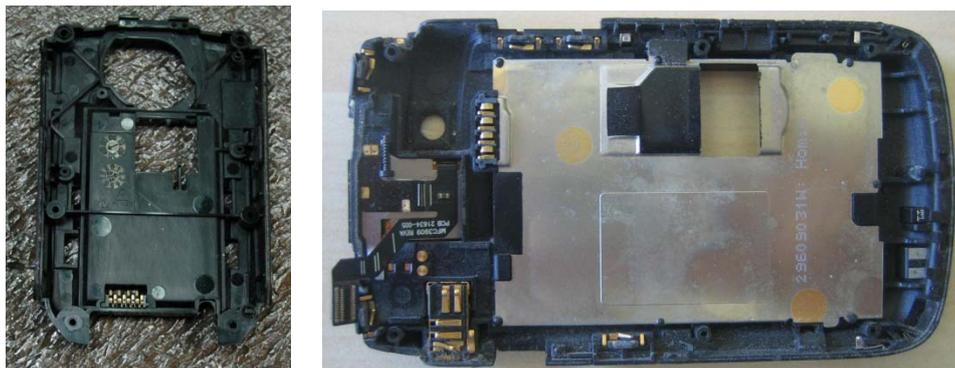


Abbildung 15: Gehäuseschale, frei von Elektronikbaugruppen (links); Gehäuseschale mit fest verbauten Elektronikbaugruppen und Akkumulatorträgerschale aus Aluminium, die mittels wärmebehandelter Kunststoffnieten fest mit Gehäuse verbunden ist (rechts)

4. überwiegend **vollständig erfüllt**, da Schraubverbindungen direkt visuell sichtbar waren

ODER

kaum erfüllt, da Schrauben teilweise abgedeckt sind und Klebeverbindungen als solche erst nach Prüfen erkannt wurden

ODER

nicht erfüllt, da Öffnungs- und Ansatzpunkt in Demontage nicht bzw. erst nachträglich gefunden wurden

5. überwiegend **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug**, wenn Steck- oder Schraubverbindungen vorgesehen sind

ODER

zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug, wenn die Trennung von Bauteilen Feinwerkzeug erfordert

ODER

zerstörend (Bauteilbeschädigung), wenn Bauteile trotz umsichtiger Zerlegung zerstört wurden (vgl. Abbildung 14)

6. **vollständig erfüllt**, wenn ausschließlich Steck-, Schraub- oder Klickverbindungen vorgesehen sind

ODER

überwiegend erfüllt, wenn einzelne Bestandteile (z. B. Tastatur, Blende) geklebt anstatt eingelegt sind (vgl. Abbildung 16)



Abbildung 16: Aluminiumblende, flächig verklebt an Touchscreen

ODER

kaum erfüllt, wenn ganze Bauteile fest verklebt oder miteinander vergossen sind (vgl. Abbildung 17)

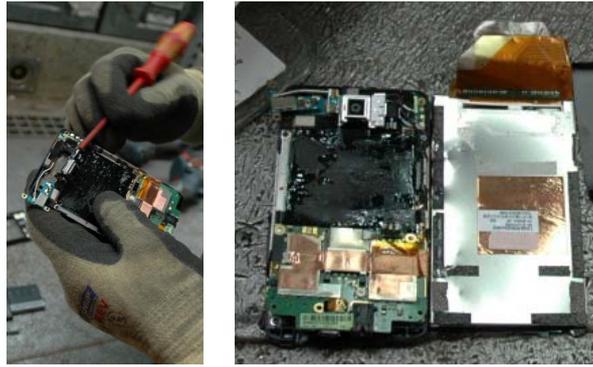


Abbildung 17: Lösen von Steckverbindungen zwischen den einzelnen Leiterplatten, flächig verklebtes Masseband verhindert zerstörungsfreies Entnehmen (links); Masseband und Klebeverbindungen (rechts)

7. **wenige**, wenn neben einheitlicher Schraubverbindung die jeweiligen Bauteile gesteckt oder eingeschoben sind (ohne Betrachtung selektiv zu behandelnder Akkumulatoren und Leiterplatten)
ODER
mehrere, wenn Schraubverbindungen abweichend zu oben unterschiedlich bzw. übermäßig viele Schraubverbindungen vorgesehen sind und wenn Lötverbindungen zu lösen sind
8. **wenige**, wenn neben den eingangs genannten erforderlichen Werkzeugen keine weiteren Werkzeuge benötigt werden
ODER
mehrere, wenn keine einheitlichen Schraubverbindungen und verstärkt Klebeverbindungen eingesetzt werden
9. überwiegend **vollständig/überwiegend erfüllt**, wenn keine relevanten Einbauten festgestellt werden, bei denen die Zugänglichkeit behindert wird
ODER
kaum/nicht erfüllt, wenn keine Ansatzpunkte für das Lösen verklebter Verbindungen erkennbar sind bzw. geklebte Bauteile den Zugang zu Verbindungselementen stören
10. immer **eine Person**, die vollumfänglich die Zerlegung durchführen kann
11. überwiegend **ja**, einheitlicher Kunststoff für größere Bauteile vergleichbarer Funktion (i. d. R. Gehäuse) eingesetzt
ODER
nein, wenn es sich um Kunststoffverbunde (z. B. Kunststoff-Glas-Verbund) handelt

12. **vollständig erfüllt**, wenn entsprechende Kennzeichnung vorgesehen ist

ODER

in Abstufungen, wenn entsprechende Kennzeichnung (teilweise) nicht vorgesehen bzw. nicht auffindbar ist

13. immer **einheitlich/verträglich**, Bauteile des gleichen Kunststoffes (i. d. R. Gehäuse) weisen einheitliche Farbe auf

14. überwiegend **einfach**, wenn die Leiterplatte eingelegt, gesteckt oder mit wenigen einheitlichen Schrauben eingebaut ist

ODER

mittel, wenn Leiterplatte mit übermäßig vielen Schraubverbindungen zu lösen bzw. zusätzlich per Kleber fixiert ist

ODER

schwer, wenn Leiterplatte großflächig verklebt ist

15. immer **eindeutig, einfach**, Akkumulatoren sind entsprechend gekennzeichnet (sofern bei Demontage vorhanden) und Leiterplatten sind visuell als solche erkennbar

6.3.4 Ergebnisse der Produktbeispiele Akku-Schrauber

Im Rahmen der Demontage bei der Firma ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH wurden insgesamt 8 Einzelgeräte von 7 unterschiedlichen Herstellern demontiert (vgl. Tabelle 13).

Grundsätzliche Arbeitsschritte bei der Zerlegung von Akku-Schraubern:

Akkumulator manuell per Druckknopf lösbar; Gehäuseöffnung i. d. R. per unterschiedlicher Schraubverbindungen; Elektronikbauteile (Motor, Schaltereinheit) in Gehäuse eingelegt; Motor von Schraubkopf i. d. R. durch Lösen der Schraub- bzw. Steckverbindung trennbar; Schaltereinheit durch Lösen von Steckverbindung oder Lötverbindungen von Motor trennbar.

Erforderliche Werkzeuge bei Zerlegung:

Akku-Schrauber zum Lösen der Schraubverbindungen, für zerstörungsfreie Demontage wäre LötKolben erforderlich; Kabelschere, da Demontage ohne LötKolben.

Wesentliche Unterschiede bei Umsetzung der jeweiligen Kriterien:

1. **zerstörungsfrei ohne Werkzeug** (Lösen der Druckknöpfe), wenn Akkumulator außen gesteckt (vgl. Abbildung 18)²⁶

ODER

- zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug**, wenn Akkumulator innenliegend verlötet, Lösen der Lötverbindung, (vgl. Abbildung 18)



Abbildung 18: Gesteckter Akkumulator außen (links); innenliegender verlöteter Akkumulator (rechts)

2. immer **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug** (betrifft Öffnen des Gehäuses)
3. immer **ja**, keine Elektronikbaugruppen in Gehäusen festgestellt

²⁶ Wenn der Akkumulator bei der Demontage nicht vorlag, wurde aufgrund der Bauweise eine Annahme diesbezüglich getroffen.

4. immer **vollständig erfüllt**, da Schraubverbindungen direkt visuell sichtbar waren
5. **zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug**, wenn Steck- oder Schraubverbindungen vorgesehen bzw. Kabelverbindungen einseitig verlötet sind
ODER
zerstörungsfrei mit Spezialwerkzeug, wenn Bauteile fest miteinander verbunden, z. B. beidseitig der Kabelverbindungen verlötet sind
6. **vollständig erfüllt**, wenn Steck- oder Schraubverbindungen (auch bei Kabeln) vorgesehen sind (vgl. Abbildung 19)
ODER
überwiegend erfüllt, wenn einzelne Kabelverbindungen fest verlötet sind
ODER
kaum erfüllt, wenn ganze Bauteile (Motor/Schalteinheit) fest verlötet sind (vgl. Abbildung 20)



Abbildung 19: Motor durch Steckverbindung von Schraubkopf trennbar (links); Schalteinheit durch Steckverbindung von Motor trennbar (rechts)

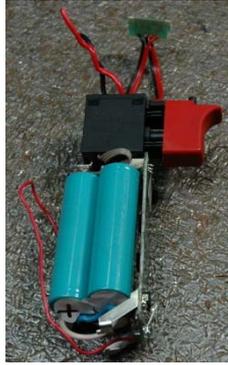


Abbildung 20: Leiterplatte mit jeweils verlöteten Kabelverbindungen zu Akkumulator und Schalteinheit

7. **wenige**, wenn neben einheitlicher Schraubverbindung die jeweiligen Bauteile gesteckt oder eingeschoben sind (ohne Betrachtung selektiv zu behandelnder Akkumulatoren und Leiterplatten)
ODER
mehrere, wenn Schraubverbindungen abweichend zu oben unterschiedliche bzw. übermäßig viele Schraubverbindungen vorgesehen sind und wenn beidseitige Lötverbindungen zu lösen sind
8. **wenige**, wenn neben den eingangs genannten erforderlichen Werkzeugen keine weiteren Werkzeuge benötigt werden (ohne Berücksichtigung von Lötverbindungen)
9. immer **vollständig/überwiegend erfüllt**, es konnten keine relevanten Einbauten festgestellt werden, bei denen die Zugänglichkeit behindert wird
10. immer **eine Person**, die vollumfänglich die Zerlegung durchführen kann
11. immer **ja**, einheitlicher Kunststoff für größere Bauteile vergleichbarer Funktion (i. d. R. Gehäuse) eingesetzt
12. **vollständig erfüllt**, wenn entsprechende Kennzeichnung vorgesehen ist
ODER
in Abstufungen, wenn entsprechende Kennzeichnung (teilweise) nicht vorgesehen bzw. nicht auffindbar ist
13. **einheitlich/verträglich**, Bauteile des gleichen Kunststoffes (i. d. R. Gehäuse) weisen einheitliche Farbe auf
14. **mittel**, wenn die Leiterplatte selbst bzw. deren Kabelverbindungen verlötet sind
ODER
trifft nicht zu, wenn keine Leiterplatte verbaut

15. **eindeutig, einfach**, da Leiterplatte visuell als solche erkennbar; Akkumulatoren sind entsprechend gekennzeichnet

ODER

trifft nicht zu, wenn keine Leiterplatte verbaut

7 Gewichtung des Kriterienkataloges

Bei der Gewichtung des Kriterienkataloges wird die Umsetzung einer recyclinggerechten Produktkonzeption nach

- rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG und
- technischen Anforderungen

unterschieden (vgl. Punkt 7.1 und 7.2).

Grundsätzlich werden die fünf Obergruppen (vgl. Tabelle 5) des genannten Kriterienkataloges (vgl. Tabelle 6) bei der im Weiteren beschriebenen Gewichtung (rechtlich, technisch) beibehalten.

Die Gewichtung erfolgt als einfache Multiplikation der in drei Segmente (Umsetzung/Kriterium/Obergruppe) eingeteilten Kriterien.

Gewichtung Umsetzung legt die Qualität der Umsetzung eines Kriteriums fest, wobei die qualitativ beste Umsetzung 100% und die schlechteste Umsetzung bzw. das Nichterreichen eines Kriteriums 0% entspricht (mit entsprechenden Zwischenstufen).

Gewichtung Kriterium legt die Gewichtung eines Kriteriums innerhalb einer Obergruppe, die aus mehreren Einzelkriterien besteht, fest.

Gewichtung Obergruppe legt die Gewichtung der Obergruppen (vgl. Tabelle 5) zueinander fest.

Ergebnis der tabellarischen Berechnung ist ein Wert im Bereich 0% (negatives Ergebnis) bis 100% (positives Ergebnis).

Aufgrund der nicht eindeutigen Rechtslage und den interpretationsoffenen Formulierungen des Rechtstextes (vgl. hierzu Punkt 7.1.1) wird ergänzend zur Umsetzung der rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG (vgl. Punkt 7.1) in einem gesonderten Punkt ausschließlich die Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren (vgl. Kriterium 1 des Kriterienkataloges) diskutiert und betrachtet (vgl. Punkt 7.3). Dieses berührt auch Fragestellungen zur Abfallvermeidung, da der problemlose (einfache) und damit verbunden auch kostengünstige Austausch von Akkumulatoren durch den Verbraucher als ein wichtiges Kriterium gesehen werden kann, die Verlängerung der Lebensdauer zu begünstigen.

Während in Hinblick auf eine recyclinggerechte Produktkonzeption die Entnahme von Batterien und Akkumulatoren durch den Erstbehandler der Elektro(nik)altgeräte erfolgen kann, wird bei dieser Betrachtung daher davon ausgegangen, dass die Entnahme und der Austausch von Akkumulatoren durch den Verbraucher der Elektro(nik)geräte zu leisten sein muss.

7.1 Gewichtung nach rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG

7.1.1 Auslegung des Rechtstextes

Die Gewichtung nach den rechtlichen Anforderungen hinsichtlich einer recyclinggerechten Produktkonzeption erfolgt ausschließlich unter Beachtung des § 4 ElektroG (vgl. Punkt 2) hinsichtlich der dort verwendeten Wortwahl und daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen zur praktischen Umsetzung der jeweils formulierten Anforderungen.

§ 4 ElektroG, Satz 1: *„Elektro- und Elektronikgeräte **sind möglichst**²⁷ so zu gestalten, dass die Demontage und die Verwertung, insbesondere die Wiederverwendung und die stoffliche Verwertung von Altgeräten, ihren Bauteilen und Werkstoffen, berücksichtigt und erleichtert werden.“*

Gemäß der Wortwahl („**sind möglichst**“) handelt es sich bei Satz 1 um ein Gestaltungsgebot, d. h. der Adressat (Hersteller) ist gehalten, die genannten Aspekte zu berücksichtigen [Giesbert/Hilf 2009].

Anmerkungen zu § 4 ElektroG, Satz 1: Der Hersteller hat Anstrengungen zu unternehmen, die erforderlich sind, um eine Erleichterung der Demontage und Verwertung zu bewirken. Dabei sind nicht sämtliche Möglichkeiten auszuschöpfen, vielmehr genügt jede irgendwie geartete Gestaltung, die die voran genannten Prozesse vereinfacht, ohne alle erdenklichen Maßnahmen auszuschöpfen. Das Wort „möglichst“ bezieht sich hierbei lediglich auf die Gestaltung [Giesbert/Hilf 2009].

Der Gesetzgeber folgt den Vorgaben der ersten WEEE-Richtlinie, wonach die Konzeption und Produktion von leicht zu demontierenden, zu verwertenden und wiederzuverwendenden Produkten zu fördern ist.²⁸ Es bestehen keine Anhaltspunkte, dass der deutsche Gesetzgeber bei der Anforderung nach Satz 2 eine strengere Regelung im Sinne eines Optimierungsgebotes beabsichtigt hat, welches bei der Vielfalt an Produkten nicht kontrollierbar und praktikabel ist [Giesbert/Hilf 2009].

§ 4 ElektroG, Satz 2: *„Elektro- und Elektronikgeräte, die vollständig oder teilweise mit Batterien oder Akkumulatoren betrieben wer-*

²⁷ Hervorhebung durch die Verfasser der Studie.

²⁸ Die Vorgaben gemäß Artikel 4 der ersten WEEE-Richtlinie (RICHTLINIE 2002/96/EG) werden in der Neufassung der WEEE-Richtlinie (RICHTLINIE 2012/19/EU) durch Artikel 4 unter Beachtung der Ecodesign-Richtlinie (RICHTLINIE 2009/125/EG) bestätigt.

den können, **sind**²⁹ so zu gestalten, dass eine problemlose Entnehmbarkeit der Batterien und Akkumulatoren sichergestellt ist.“

Ergänzend hierzu § 4 ElektroG, Satz 4: „Satz 2 und § 13 Absatz 7 gelten nicht für Elektro- und Elektronikgeräte, in denen aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten eine ununterbrochene Stromversorgung notwendig und eine ständige Verbindung zwischen dem Gerät und der Batterie oder dem Akkumulator erforderlich ist.“

Gemäß der Wortwahl („sind“) handelt es sich bei Satz 2 um ein **verbindliches Gestaltungsgebot** [Amereller 2013], welches nur dann nicht gilt, wenn die in Satz 4 genannten Ausnahmen sachlich gerechtfertigt sind.

Anmerkungen zu § 4 ElektroG, Satz 2: Aus dieser Anforderung geht nicht hervor, ob sich die problemlose Entnehmbarkeit auf die Phase der Nutzung bzw. den Verbraucher oder die Phase der Verwertung bzw. den entsprechend Fachkundigen bezieht (siehe dazu. auch [Amereller 2013]).

Das Gestaltungsgebot des § 4 Satz 2 ElektroG sowie § 11 Abs. 7 basieren auf der Richtlinie 2006/66/EG³⁰ des Europäischen Parlaments und des Rates. Das Batteriegesetz³¹ verpflichtet den Endverbraucher nicht zu einer getrennten Entsorgung von eingebauten Batterien und Akkumulatoren (vgl. § 11 BattG). Es verweist in diesem Zusammenhang darauf, dass die Regelungen des ElektroG unberührt bleiben.

Nach Artikel 11 der Richtlinie 2006/66/EG sind Geräten, in denen Batterien und Akkumulatoren eingebaut sind, Anweisungen beizufügen, wie diese sicher entnommen werden können.

„Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass die Hersteller die Geräte so entwerfen, dass Altbatterien und -akkumulatoren problemlos entnommen werden können. Geräten, in die Batterien und Akkumulatoren eingebaut sind, müssen Anweisungen beigefügt sein, wie die Batterien und Akkumulatoren sicher entnommen werden können, und die die Verbraucher über den Typ der eingebauten Batterien und Akkumulatoren informieren.“

²⁹ Hervorhebung durch die Verfasser der Studie.

³⁰ RICHTLINIE 2006/66/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 6. September 2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Altakkumulatoren und zur Aufhebung der Richtlinie 91/157/EWG.

³¹ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren (Batteriegesetz - BattG) vom 25.06.2009, zuletzt geändert am 24.02.2012.

Adressat dieser Informationen kann u. a. der Verbraucher sein. Dieses wurde in § 13 Abs. 7 ElektroG aufgenommen. Anzumerken ist hier, dass der Begriff „Anweisung“ aus der Richtlinie im ElektroG ersetzt wurde durch den Begriff „Angaben“. Diese Angaben sollen den Nutzer über den Typ und das chemische System der Batterie oder des Akkumulators und über deren sichere Entnahme informieren.

Die Wortwahl lässt keine eindeutige Schlussfolgerung zu, ob es dem Verbraucher auch möglich sein muss, die Batterien bzw. Akkumulatoren problemlos zu entnehmen [siehe dazu. auch Amereller 2013]. Die Angaben zur sicheren Entnahme leiten direkt und detailliert den Verbraucher an, aber sie werden auch in der Form gegeben, dass auf die Rückgabe bei entsprechend autorisierten Serviceanbietern hingewiesen wird. Die Bewertung, ob Hinweise in dieser Form den Anforderungen des ElektroG gerecht werden, ist nicht Bestandteil des Untersuchungsauftrages und wird daher hier nicht bewertet.

Bei fest verbauten Akkumulatoren ist aufgrund hochpreisiger Wechselkosten damit zu rechnen, dass Geräte durch Verbraucher entsorgt werden, die bei einer einfachen Austauschbarkeit des Akkumulators und der Möglichkeit der Verwendung von kostengünstigeren Nachbauakkumulatoren ggf. dritter Hersteller nicht oder noch nicht entsorgt worden wären. Dies kann als Widerspruch zu dem allgemeinen Ziel des ElektroG aufgefasst werden, nach dem vorrangig Abfälle zu vermeiden und Elektro(nik)altgeräte wiederzuverwenden sind [Amereller 2013].

Unabhängig von der Frage, an wen sich die „problemlose Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren“ richtet, ist weitgehend undefiniert, was unter dem Begriff „problemlos“ zu verstehen ist.

Da, wie bereits durch *Amereller 2013* genannt, die Vorgabe zur „problemlosen Entnahme“ aus der Richtlinie 2006/66/EG in § 4 Satz 2 ElektroG umgesetzt wurde, sollte die Auslegungsfrage bestenfalls darin beantwortet werden. Jedoch ist die aus Art. 11 der Richtlinie 2006/66/EG stammende Formulierung auch dort unzureichend genau verfasst. Der deutsche Gesetzgeber hat demnach laut Art. 11 Satz 1 sicherzustellen, dass die Produktkonzeption bzw. das Produktdesign der Geräte derart gestaltet ist, dass Akkumulatoren problemlos entnommen werden können. In Art. 11 Satz 2 wird das Wort „problemlos“ nicht erneut verwendet, sondern davon abweichend von einer „sicheren Entnahme“ gesprochen. Die „sichere Entnahme“ zielt jedoch auf eine Gefahrenvorbeugung hinsichtlich eines möglichen Gefährdungspotentials von Mensch und Umwelt bei unsachgemäßer Entnahme des Akkumulators respektive Batterien ab. Eine nähere Definition des Wortes problemlos bleibt auch hier aus.

§ 4 ElektroG, Satz 3: „Die Hersteller **sollen** die Wiederverwendung **nicht**³² durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindern, es sei denn, dass die Konstruktionsmerkmale rechtlich vorgeschrieben sind oder die Vorteile dieser besonderen Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse überwiegen, beispielsweise im Hinblick auf den Gesundheitsschutz, den Umweltschutz oder auf Sicherheitsvorschriften.“

Gemäß der Wortwahl („**sollen** ... **nicht**“) handelt es sich bei Satz 3 um ein Verhinderungsverbot, welches den Herstellern untersagt, durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse die Wiederverwendung zu verhindern, sofern nicht die formulierten Ausnahmetatbestände greifen [Giesbert/Hilf 2009].

Anmerkungen zu § 4 ElektroG, Satz 3: Bei der Regelung handelt es sich um eine Soll-Vorschrift, die lediglich „besondere“ Konstruktionsmerkmale und Herstellungsprozesse verbietet, die darauf abzielen, die Wiederverwendung zu verhindern [Giesbert/Hilf 2009].

7.1.2 Festlegung der rechtlichen Gewichtung gemäß § 4 ElektroG

Wie voran beschrieben, sind die einzelnen Sätze des § 4 ElektroG hinsichtlich ihrer an den Hersteller gerichteten verpflichtenden Wirkung deutlich voneinander zu unterscheiden. Dies spiegelt sich entsprechend in der für die rechtliche Auswertung festgelegten Gewichtung wider (vgl. Tabelle 14).

Demnach wird die Obergruppe **Konkrete rechtliche Anforderungen** bzgl. der Entnahme von Akkumulatoren als verbindliches Gestaltungsgebot am stärksten gewichtet (51%). Die Obergruppe **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL A** bzgl. der Verhinderung der Wiederverwendung durch besondere Konstruktionsmerkmale als Verhinderungsverbot ist dem nahezu gleichrangig untergeordnet (49%). Die Obergruppen **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL B** sowie **Werkstoffwahl und Kennzeichnung**, die jeweils die Erleichterung der Demontage betreffen, werden aufgrund der nicht vorhandenen verpflichtenden Wirkung auf den Hersteller nicht in die rechtliche Gewichtung aufgenommen (0%). Gleiches gilt für die Obergruppe **Selektive Behandlung**, die nicht Gegenstand des § 4 ElektroG im engeren Sinne ist (0%).

Die Sicherstellung der problemlosen Entnahme von Akkumulatoren und Batterien (Kriterium 1) ist bei der rechtlichen Bewertung ausgehend von § 4 dann erfüllt, wenn diese zerstörungsfrei (ohne Werkzeug, mit Universalwerkzeug, mit Spezialwerkzeug) erfolgen kann (Umsetzung Gewichtung jeweils 100%).

³² Hervorhebung durch die Verfasser der Studie.

Sofern bei den jeweiligen Gerätearten einzelne Kriterien nicht zutreffen, da sie z. B. nicht über einen Akkumulator verfügen, werden die zugehörigen Prozentpunkte bei der Auswertung nicht aufgenommen. Bei der abschließenden Auswertung wird das Endergebnis auf den Bereich 0% bis 100% normiert.

Tabelle 14: Festgelegte Gewichtung nach rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG

| Nr. | Kriterium | Umsetzung | Gewichtung Umsetzung | Gewichtung Kriterium | Gewichtung Obergruppe |
|--|--|---|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Konkrete rechtliche Anforderungen | | | | | |
| 1 | Sicherstellung der problemlosen Entnehmbarkeit der Batterien und Akkumulatoren | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 100% | 100% | 51% |
| | | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug | 100% | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug | 100% | | |
| | | teilzerstörend (Verbindung) | 0% | | |
| | | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | 0% | | |
| zus. | sofern Σ Gewichtung Kriterium = 0%, trifft Ausnahmeregelung zu? | ja nein | 100% 0% | | |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL A | | | | | |
| 2 | Lösbarkeit von Verbindungen, die im Rahmen der Demontage (ggf. Reparatur) getrennt werden müssen | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 100% | 40% | 49% |
| | | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug | 75% | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug | 50% | | |
| | | teilzerstörend (Verbindung) | 0% | | |
| | | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | 0% | | |
| 3 | Gehäuseteile sind frei von Elektronikbaugruppen | ja nein | 100% 0% | 40% | |
| | | | | | |
| 4 | Auffindbarkeit zu lösender Verbindungen | vollständig erfüllt | 100% | 20% | |
| | | überwiegend erfüllt | 75% | | |
| | | kaum erfüllt | 25% | | |
| | | nicht erfüllt | 0% | | |
| zus. | sofern Σ Gewichtung Kriterium < 50%, trifft Ausnahmeregelung zu? | ja nein | 100% 0% | | |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL B | | | | | |
| 5 | Trennbarkeit miteinander unverträglicher Werkstoffe von Bauteilen | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 0% | 0% | |
| | | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug | 0% | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug | 0% | | |
| | | teilzerstörend (Verbindung) | 0% | | |
| | | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | 0% | | |
| 6 | Zerlegbarkeit in Einzelteile, die als Ersatzteile erhältlich sind | vollständig erfüllt | 0% | 0% | |
| | | überwiegend erfüllt | 0% | | |
| | | kaum erfüllt | 0% | | |
| | | nicht erfüllt | 0% | | |
| 7 | Vielfalt der Verbindungsarten | wenige mehrere viele | 0% 0% 0% | 0% | 0% |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 8 | Vielfalt der Demontagewerkzeuge | wenige mehrere viele | 0% 0% 0% | 0% | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 9 | Zugänglichkeit der Verbindungselemente | vollständig / überwiegend erfüllt kaum / nicht erfüllt | 0% 0% | 0% | |
| | | | | | |
| 10 | Personaleinsatz bei Demontage | eine Person mehrere Personen | 0% 0% | 0% | |
| | | | | | |
| Werkstoffwahl und Kennzeichnung | | | | | |
| 11 | Die Werkstoffvielfalt bei Kunststoffbauteilen vergleichbarer | ja nein | 0% 0% | 0% | |
| | | | | | |
| 12 | Kennzeichnung von Kunststoffteilen > 25 g und einer ebenen Fläche von mindestens 200 mm ² | vollständig erfüllt | 0% | 0% | 0% |
| | | überwiegend erfüllt | 0% | | |
| | | kaum erfüllt | 0% | | |
| | | nicht erfüllt | 0% | | |
| 13 | Färbung von Bauteilen, die aus dem gleichen Kunststoff gefertigt sind | einheitlich/verträglich teilweise keine | 0% 0% 0% | 0% | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Selektive Behandlung | | | | | |
| 14 | Entnahme von Bauteilen und Werkstoffen gemäß Anhang III (ohne Batterien und Akkumulatoren) | einfach mittel schwer | 0% 0% 0% | 0% | 0% |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 15 | Kennzeichnung/Identifikation von Bauteilen und Werkstoffen gemäß Anhang III | eindeutig, einfach teilweise keine | 0% 0% 0% | 0% | |
| | | | | | |
| | | | | | |

7.2 Gewichtung nach technischen Anforderungen

7.2.1 Definition der technischen Anforderungen

Die Gewichtung nach technischen Anforderungen erfolgt unter den hier festgelegten Bedingungen der Behandlung respektive des Recyclings von Elektro(nik)altgeräten unter strenger Berücksichtigung der Zielsetzung des ElektroG (§ 1 Abs. 1 ElektroG) bzw. der bestehenden Abfallhierarchie (§ 6 Abs. 1 KrWG):

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

Die Zielsetzung der Abfallvermeidung ist bei der Bewertung der recyclinggerechten Produktkonzeption nicht Untersuchungsgegenstand, da wie in Punkt 3 beschrieben nicht die Nutzungsphase des Produktes bzw. Produktkonzeptionen hinsichtlich möglicher Obsoleszenz (vgl. Punkt 10) untersucht werden, sondern ausschließlich die Produktkonzeption im Hinblick auf das Recycling, wenn das Elektro(nik)gerät durch Entledigung zu einem Abfall, hier Elektro(nik)altgerät, geworden ist.

In Analogie zu Tabelle 5 wird in der folgenden Tabelle 15 dargestellt, welche abfallwirtschaftlichen Ziele den jeweiligen Obergruppen des Kriterienkataloges zuzuordnen sind.

Tabelle 15: Obergruppen des festgelegten Kriterienkataloges nach technischen Anforderungen

| Obergruppe | Kriterium-Nr. | betrifft |
|---|----------------------------------|---|
| Konkrete rechtliche Anforderungen | 1 plus Ausnahmeregelung | Vorbereitung zur Wiederverwendung; Schadstoffentfrachtung als notwendiger Schritt der Behandlung |
| Baustruktur und Verbindungstechnik – TEIL A | 2, 3, 4 plus Ausnahmeregelung | Vorbereitung zur Wiederverwendung (betrifft gesamte Einheit) |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL B | 5, 6, 7, 8, 9, 10 | Vorbereitung zur Wiederverwendung (betrifft Bauteilrückgewinnung); Recycling (betrifft Demontage zur hochwertigen Trennung von Materialfraktionen) |
| Werkstoffwahl und Kennzeichnung | 11, 12, 13, | Recycling; Sonstige Verwertung (auch in automatisierten Prozessen) |
| Selektive Behandlung | 14, 15 | Recycling; Schadstoffentfrachtung als notwendiger Schritt der Behandlung |

Die derzeitige Behandlungspraxis von Elektro(nik)altgeräten zeigt sich sehr heterogen und reicht von der direkten Zuführung in mechanische Behandlungsstufen (z. B. Shredder) bis hin zu einer dezidierten manuellen Demontage nach vorangegangener Prüfung auf Wiederverwendung bzw. Bauteilrückgewinnung.

Um die Auswertung der technischen Anforderungen auf ein einheitliches Niveau beziehen zu können, wird nicht die derzeitige Behandlungspraxis als Bezugsrahmen gewählt, sondern unterstellt, dass jedes Gerät unter den abfallhierarchischen Anforderungen zunächst nach Wiederverwendung (gesamte Einheit, nachrangig Bauteile) und nachrangig nach den folgenden abfallhierarchischen Zielen vollständig in seine Bestandteile zerlegt wird. Dies erfolgt in dem Wissen, dass in der herkömmlichen Verwertungspraxis (vgl. hierzu auch Punkt 9) die Zerlegetiefe den anschließenden Behandlungsverfahren angepasst ist.

Die technische Auswertung verfolgt somit nicht das Ziel, darzustellen, wie mit dem jeweiligen Gerät in der Behandlungsphase umgegangen wird, sondern vielmehr, in welcher qualitativen Umsetzung die einzelnen Behandlungsschritte prin-

ziell möglich sind. Hieraus ergibt sich die Einstufung, wie die recyclinggerechte Produktkonzeption unter technischen Anforderungen je Gerät umgesetzt wird.

7.2.2 Festlegung der technischen Gewichtung

Die Gewichtung der zuvor beschriebenen technischen Anforderungen ist in Tabelle 16 dargestellt. Demnach wird die Obergruppe **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL A**, welche den Bereich der Wiederverwendung auf Gesamtgeräteebene betrifft, am stärksten gewichtet (40%). Die Obergruppen **Konkrete rechtliche Anforderungen** und **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL B** werden zu gleichen Teilen in Summe mit 30% gewichtet, da diese Bereiche sowohl die Wiederverwendung (Verbau Akkumulator, Bauteilrückgewinnung) als auch die Trennung von Materialien hinsichtlich des Recyclings und der Schadstoffentnahme betreffen. Der Behandlungsprozesschronologie folgend werden die Obergruppen **Selektive Behandlung** (20%) und **Werkstoffwahl und Kennzeichnung** (10%) nachrangig gewichtet.

Sofern die Sicherstellung der problemlosen Entnahme von Akkumulatoren und Batterien (Kriterium 1) zerstörungsfrei ohne Werkzeug bzw. zerstörungsfrei mit Universalwerkzeug erfolgen kann, impliziert das, dass eine Entnahme bzw. ein Wechsel eines Akkumulators auch durch den Nutzer des Gerätes (Laie) durchgeführt werden kann (vgl. hierzu auch 7.3.2).³³

Sofern bei den jeweiligen Gerätearten einzelne Kriterien nicht zutreffen, da sie z. B. nicht über einen Akkumulator verfügen, werden die zugehörigen Prozentpunkte bei der Auswertung nicht aufgenommen. Bei der abschließenden Auswertung wird das Endergebnis auf den Bereich 0% bis 100% normiert.

Sofern bei einzelnen Produktbeispielen einzelne Kriterien nicht eingestuft werden konnten, wird ermittelt, welchen Prozentwert das Produktbeispiel maximal erreichen könnte, sofern die offenen Kriterien mit dem qualitativ besten Wert eingestuft würden.

³³ Durch diese Unterteilung des Kriteriums kann im Kontext der Obsoleszenz (vgl. Kapitel 10) abgeleitet werden, inwieweit die Nutzungsdauer des Elektro(nik)gerätes, durch die mögliche Einschränkung eines Akkumulatorwechsels durch den Nutzer, an die Lebensdauer des Akkumulators gebunden ist. Sofern an dieser Stelle die Verwendung von Spezialwerkzeug erforderlich ist, kann ein Akkumulatorwechsel i. d. R. nicht durch den Nutzer (Laie) erfolgen.

Tabelle 16: Festgelegte Gewichtung nach technischen Anforderungen

| Nr. | Kriterium | Umsetzung | Gewichtung Umsetzung | Gewichtung Kriterium | Gewichtung Obergruppe | | | |
|--|--|---|--|--|-----------------------------|--|------|---|
| Konkrete rechtliche Anforderungen | | | | | | | | |
| 1 | Sicherstellung der problemlosen Entnehmbarkeit der Batterien und Akkumulatoren | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 100% | 100% | 15% | | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug | 75% | | | | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug | 50% | | | | | |
| | | teilzerstörend (Verbindung) | 25% | | | | | |
| | | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | 0% | | | | | |
| zus. | sofern Σ Gewichtung Kriterium = 0%, trifft Ausnahmeregelung zu? | ja nein | 100% 0% | | | | | |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL A | | | | | | | | |
| 2 | Lösbarkeit von Verbindungen, die im Rahmen der Demontage (ggf. Reparatur) getrennt werden müssen | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 100% | 40% | 40% | | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug | 75% | | | | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug | 50% | | | | | |
| | | teilzerstörend (Verbindung) | 25% | | | | | |
| | | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | 0% | | | | | |
| 3 | Gehäuseteile sind frei von Elektronikbaugruppen | ja nein | 100% 0% | 30% | 40% | | | |
| | | 4 | Auffindbarkeit zu lösender Verbindungen | | | vollständig erfüllt | 100% | 30% |
| überwiegend erfüllt | 75% | | | | | | | |
| kaum erfüllt | 25% | | | | | | | |
| nicht erfüllt | 0% | | | | | | | |
| zus. | sofern Σ Gewichtung Kriterium < 50%, trifft Ausnahmeregelung zu? | ja nein | 100% 0% | | | | | |
| Baustruktur und Verbindungstechnik - TEIL B | | | | | | | | |
| 5 | Trennbarkeit miteinander unverträglicher Werkstoffe von Bauteilen | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 100% | 30% | 15% | | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug | 75% | | | | | |
| | | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug | 50% | | | | | |
| | | teilzerstörend (Verbindung) | 25% | | | | | |
| | | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | 0% | | | | | |
| 6 | Zerlegbarkeit in Einzelteile, die als Ersatzteile erhältlich sind | vollständig erfüllt | 100% | 30% | | | | |
| | | überwiegend erfüllt | 75% | | | | | |
| | | kaum erfüllt | 25% | | | | | |
| | | nicht erfüllt | 0% | | | | | |
| 7 | Vielfalt der Verbindungsarten | wenige mehrere viele | 100% 50% 0% | 10% | | | | |
| | | 8 | Vielfalt der Demontagewerkzeuge | | wenige mehrere viele | 100% 50% 0% | 10% | |
| | | | | | 9 | Zugänglichkeit der Verbindungselemente | | vollständig / überwiegend erfüllt kaum / nicht erfüllt |
| 10 | Personaleinsatz bei Demontage | | | eine Person mehrere Personen | | | | 100% 0% |
| | | Werkstoffwahl und Kennzeichnung | | | | | | |
| 11 | Die Werkstoffvielfalt bei Kunststoffbauteilen vergleichbarer | ja nein | 100% 0% | 40% | 10% | | | |
| | | 12 | Kennzeichnung von Kunststoffteilen > 25 g und einer ebenen Fläche von mindestens 200 mm ² | | | vollständig erfüllt | 100% | 40% |
| überwiegend erfüllt | 75% | | | | | | | |
| kaum erfüllt | 25% | | | | | | | |
| nicht erfüllt | 0% | | | | | | | |
| 13 | Färbung von Bauteilen, die aus dem gleichen Kunststoff gefertigt sind | einheitlich/verträglich teilweise keine | 100% 50% 0% | 20% | | | | |
| | | Selektive Behandlung | | | | | | |
| | | 14 | Entnahme von Bauteilen und Werkstoffen gemäß Anhang III (ohne Batterien und Akkumulatoren) | | einfach mittel schwer | 100% 50% 0% | 75% | 20% |
| 15 | Kennzeichnung/Identifikation von Bauteilen und Werkstoffen gemäß Anhang III | | | eindeutig, einfach teilweise keine | 100% 50% 0% | 25% | | |

7.2.3 Festlegung von Grenzwerten bei der Auswertung der Gerätearten

Grundsätzlich ist für jede der betrachteten Gerätearten bei der Auswertung ein Bereich zwischen 0% und 100% zu erreichen.

Der Grenzwert³⁴ des **best practice** (grüne Linie in den Tabellen des Punktes 8) der einzelnen Gerätearten beschreibt den Prozentwert, den ein Produktbeispiel erhalten würde, wenn es die jeweils qualitativ beste Umsetzung der Einzelkriterien aller Produktbeispiele in sich vereint (maximal erreichbarer Prozentwert bei untersuchtem Stand der Technik, betrifft sowohl rechtliche als auch technische Anforderungen).³⁵

Der **untere Grenzwert** (rote Linien in den Tabellen des Punktes 8) entspricht der Mindestanforderung an das Gerät bzgl. der recyclinggerechten Produktkonzeption:

Bei der rechtlichen Bewertung ist mindestens die Umsetzung der Entnehmbarkeit der Akkumulatoren mit Spezialwerkzeug (im Falle der Untersuchung Feinwerkzeug bzw. Spezialverschraubungen und LötKolben bzw. Lötverbindungen) sicherzustellen, was einem unteren Grenzwert von 51% entspricht.

Bei der technischen Bewertung sind zur Erreichung des unteren Grenzwertes die in **Anhang VI** dargestellten Anforderungen bzw. ein Mindestprozentwert von 52% (akkubetriebene und nicht akkubetriebene Gerätearten) zu erreichen.

Der daran anschließende **Wertebereich „mäßige recyclingrechte Produktkonzeption“** erstreckt sich von > 52% bis 66% (akkubetrieben) respektive 69% (nicht akkubetrieben). Die Anforderungen an die Obergrenze des Wertebereiches „mäßig“ von 66% sind im **Anhang VI** dargestellt.

Der daran anschließende **Wertebereich „gute recyclingrechte Produktkonzeption“** erstreckt sich von > 66% bis 83% (akkubetrieben) respektive > 69% bis 84% (nicht akkubetrieben). Die Anforderungen an die Obergrenze des Wertebereiches „gut“ von 83% sind im **Anhang VI** dargestellt.

Der daran anschließende **Wertebereich „sehr gute recyclingrechte Produktkonzeption“** erstreckt sich von > 83% (akkubetrieben) respektive > 84% (nicht akkubetrieben) bis zur geräteartenabhängigen Grenze des best practice.

³⁴ Der Begriff „Grenzwert“ ist hier als ein Schwellenwert zu verstehen.

³⁵ Da u. a. bei keinem der untersuchten Geräte eine zerstörungsfreie Lösbarkeit von Verbindungen ohne Werkzeug erfolgen konnte (Kriterium 2), liegt der Maximalwert des best practice entsprechend unter 100%.

7.3 Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher

Aufgrund der nicht eindeutigen Rechtslage und den interpretationsoffenen Formulierungen im ElektroG, dem BattG und den zugrunde liegenden Richtlinien (vgl. hierzu Punkt 7.1.1) wird an dieser Stelle die Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher separat diskutiert und betrachtet. Dieses ist insbesondere bei der Bewertung von Abfallvermeidungszielen und -maßnahmen von Belang. Die Möglichkeit für den Verbraucher, Batterien und Akkumulatoren selbst auszutauschen, wird vor diesem Hintergrund im Folgenden gesondert betrachtet und bewertet.

Nicht bewertet wird, ob ggf. eine Entnahme von Akkumulatoren und Batterien vor der Zuführung des Elektro(nik)altgerätes in den Recyclingprozess durch den Verbraucher oder beispielsweise vorgeschalteter Fachbetriebe (z. B. im Auftrag des Herstellers) unter den unterschiedlichen Aspekten (Arbeitsschutz, Umweltschutz etc.) vorrangig verfolgt werden sollte. Dieses ist nicht Bestandteil des Untersuchungsauftrages. Gleichwohl ist darauf hinzuweisen, dass hierzu bislang unterschiedliche Einschätzungen abgegeben werden (vgl. Kapitel 10).

7.3.1 Rechtliche Grundlagen

Die Betrachtung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher kann, abweichend von den Anforderungen an eine recyclinggerechte Produktkonzeption, nicht ausschließlich unter Beachtung des § 4 ElektroG erfolgen oder daraus abgeleitet werden. Wie zuvor bereits genannt, sind nach Art. 11 der Richtlinie 2006/66/EG Geräten, in denen Batterien und Akkumulatoren eingebaut sind, Anweisungen beizufügen, wie diese sicher entnommen werden können. Daneben ist der Verbraucher über den Typ der eingebauten Batterien und Akkumulatoren zu informieren. Diese Informationspflichten wurden entsprechend durch § 13 Abs. 7 ElektroG umgesetzt:

§13 (7) ElektroG: *„Elektro- und Elektronikgeräten, die eine Batterie oder einen Akkumulator enthalten, sind Angaben beizufügen, welche den Nutzer über den Typ und das chemische System der Batterie oder des Akkumulators und über deren sichere Entnahme informieren.“*

Grundsätzlich muss der Verbraucher Altbatterien und -akkumulatoren einer getrennten Erfassung zukommen lassen. Dies gilt nicht, wenn diese Batterien und Akkumulatoren in Produkten eingebaut sind. Demnach ergibt sich somit nicht die

Anforderung, dass der Verbraucher innenliegende (verbaute) Akkumulatoren³⁶ entnehmen können muss:

§ 11 (1) BattG: *„Besitzer von Altbatterien haben diese einer vom unsortierten Siedlungsabfall getrennten Erfassung zuzuführen. Satz 1 gilt nicht für Altbatterien, die in andere Produkte eingebaut sind; das Elektro- und Elektronikgerätegesetz und die Altfahrzeug-Verordnung bleiben unberührt.“*

Auch aus der Begründung zur Richtlinie 2006/66/EG lassen sich keine eindeutigen Rückschlüsse ziehen:

„(18) Batterien und Akkumulatoren können in eigenen einzelstaatlichen Batteriesammelsystemen oder gemeinsam mit Elektro- und Elektronikaltgeräten in einzelstaatlichen Sammelsystemen gemäß der Richtlinie 2002/96/EG gesammelt werden. Im letztgenannten Fall sollte die vorgeschriebene Mindestbehandlung darin bestehen, dass Batterien und Akkumulatoren aus den gesammelten Elektro- und Elektronikaltgeräten entfernt werden. Nach ihrer Entfernung aus den Elektro- und Elektronikaltgeräten unterliegen die Batterien und Akkumulatoren der vorliegenden Richtlinie; insbesondere werden sie zur Erreichung der Sammelziele eingerechnet und unterliegen den Recyclinganforderungen.“ Unter dem Gesichtspunkt der Abfallvermeidung ist jedoch eine möglichst lange Nutzung eines Gerätes anzustreben. Wenn ein Verbraucher durch die gegebene Produktkonzeption eines Gerätes in die Lage versetzt ist, einen Akkumulator eigenständig und problemlos zu entnehmen oder auch zu tauschen, bietet das den Umstand, dass die Nutzungsdauer des jeweiligen Gerätes von der Lebensdauer des enthaltenen Akkumulators entkoppelt ist.

Gleichzeitig können durch Erbringung dieser Eigenleistung und durch die Anschaffung günstigerer Ersatzteile auf Verbraucherseite Kosten in der Höhe eingespart werden, dass trotz niedrigem Restwert des Gebrauchtgerätes ein Austausch lohnenswert ist und somit der vorzeitige Austausch des kompletten Gebrauchtgerätes durch die Anschaffung eines Neugerätes vermieden werden kann.

7.3.2 Festlegung der Bewertung

Die Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher ist direkt aus der Einstufung der Umsetzung des Kriteriums 1 des Kriterienkataloges

³⁶ Im Rahmen der Bearbeitung der Untersuchung wurde an verschiedenen Stellen ersichtlich, dass Begrifflichkeiten, die den Einbau des Akkumulators betreffen, nicht konsistent verwendet werden. So existiert nach Einschätzung der Verfasser keine ausreichende Definition respektive kein ausreichendes Unterscheidungskriterium für folgende Ausdrücke: verbaute Akkumulatoren; fest verbaute, fest eingebaute, fest integrierte oder fest installierte Akkumulatoren; innenliegende Akkumulatoren.

abzuleiten.³⁷ Der „Verbraucher“ ist in diesem Sinne ein Laie ohne differenziertes Fachwissen hinsichtlich Verbindungs- oder Elektrotechnik, der in der Lage ist, herkömmliche Verbindungselemente (z. B. Schraub- und Klickverbindungen) mit einem im Haushalt vorzufindenden Werkzeugfundus zerstörungsfrei zu lösen.

Die Umsetzung der problemlosen Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher³⁸ wird wie folgt ausgelegt:

- zerstörungsfreie Entnahme ohne Werkzeug, also eine Entnahme eines gesteckten, eingelegten oder geklickten Akkumulators, ggf. nach manuellem Lösen einer Abdeckschale ohne Zuhilfenahme von Werkzeug,
- zerstörungsfreie Entnahme mit haushaltsüblichem Universalwerkzeug, also eine Entnahme eines gesteckten, eingelegten oder geklickten Akkumulators, ggf. nach Öffnen des Elektro(nik)gerätes unter Zuhilfenahme von haushaltsüblichem Werkzeug (z. B. Schraubendreher für Kreuz-, Schlitz- oder Torxschrauben in herkömmlichen Größen (kein Fein- oder Spezialwerkzeug), Werkzeug zum Aushebeln von Klickverbindungen).

Sofern die Entnahme eines Akkumulators mit der oben beschriebenen Umsetzung erfolgen kann, ist die problemlose Entnehmbarkeit durch den Verbraucher als **erfüllt** anzusehen. Sofern die Entnahme

- zerstörungsfrei mit erforderlichem Spezialwerkzeug (nicht haushaltsüblich, z. B. aufgrund von Feinverschraubungen bzw. Lötverbindungen),
- teilzerstörend (Verbindung) oder
- zerstörend (Bauteilbeschädigung)

erfolgt, ist die problemlose Entnehmbarkeit durch den Verbraucher als **nicht erfüllt** anzusehen.

***Hinweis:** Da bei dieser Betrachtung ein anderer Bezugsrahmen als bei der Auswertung der rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG angesetzt ist, können die Ergebnisse respektive Einstufungen von einander abweichen. So kann bei Elektro(nik)geräten mit einer nicht ausreichenden oder mäßigen recyclinggerechten Produktkonzeption durchaus die Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher erfüllt sein und umgekehrt.*

³⁷ Bei dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt, ob aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten eine ununterbrochene Stromversorgung notwendig und eine ständige Verbindung zwischen dem Gerät und der Batterie oder dem Akkumulator erforderlich ist.

³⁸ Die Umsetzung „Problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher“ entspricht der Umsetzung des Kriteriums 1 bei der Demontage in Analogie zur Auswertung der rechtlichen Anforderungen nach § 4 ElektroG und den technischen Anforderungen.

8 Auswertung der Produktbeispiele

In den nachfolgenden Punkten 8.1 bis 8.4 sind die Auswertungen der untersuchten Produktbeispiele nach Gerätearten sowie rechtlichen und technischen Anforderungen differenziert dargestellt.³⁹

Die Auswertung erfolgt unter den in Punkt 6 aufgenommenen Kriterien der Produktbeispiele bei der Demontage und der Verrechnung der Kriterien nach der in Punkt 7 beschriebenen Gewichtung unter Beachtung der in Punkt 7.2.3 festgelegten Wertebereiche.

Die Auswertung betrifft immer nur das in der Untersuchung vorliegende Produktbeispiel, ohne zu berücksichtigen, ob Folgemodelle ggf. hinsichtlich der Umsetzung einzelner Kriterien Verbesserungen oder Verschlechterungen aufweisen.

Die tabellarische Auswertung der Produktbeispiele nach den rechtlichen Anforderungen gemäß § 4 ElektroG ist in **Anhang VII** aufgeführt.

Die tabellarische Auswertung der Produktbeispiele nach den technischen Anforderungen ist in **Anhang VIII** aufgeführt.

8.1 Rasierapparate

8.1.1 Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart Rasierapparate erfüllen die rechtlichen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 21).

Die Sicherstellung der problemlosen Entnahme von Akkumulatoren und Batterien (Kriterium 1) ist rechtlich bei allen Produktbeispielen erfüllt. Diese erfordert im schlechtesten Fall die Öffnung des Gerätes mit Universalwerkzeug und das Lösen des verlöteten Akkumulators mit Spezialwerkzeug (LötKolben), was nach Auslegung des § 4 ElektroG als konform angesehen wird (vgl. Punkt 7.1.1).

Zu Abstufungen bei der Auswertung einzelner Produktbeispiele (besonders Rasierapparat 2) kommt es in Folge des Nichterfüllens hochwertiger Anforderungen in der Obergruppe **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL A**. Im Falle des Rasierapparates 2 ist das die kaum erfüllte Anforderung bzgl. der Auffindbarkeit der Verbindungselemente (Kriterium 4).

³⁹ Bei der unter Punkt 3.7 erwähnten Untersuchung wurden tablets zerlegt und die einzelnen Prozessschritte dargestellt. Aufgrund der sehr ähnlichen Vorgehensweise im Vergleich zu dieser Untersuchung kann auf Basis des Berichtes [Fraunhofer IZM 2013] mit der hier gewählten Bewertungsmethodik eine ergänzende Auswertung für tablets vorgenommen werden.

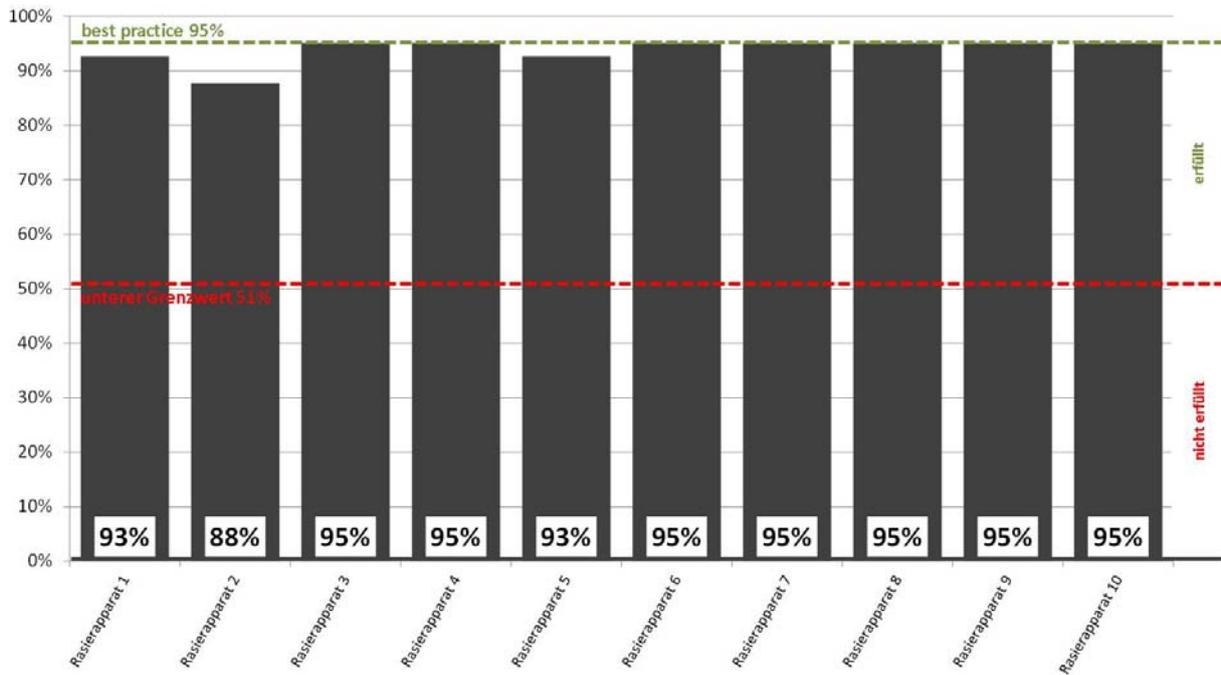


Abbildung 21: Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (Rasierapparate)

8.1.2 Technische Auswertung

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart Rasierapparate erfüllen die technischen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 22).

Dabei ist die recyclinggerechte Produktkonzeption sämtlicher Produktbeispiele als gut einzustufen. Aufgrund der einfachen und vergleichbaren Bauweise der Produktbeispiele bewegen sich die Ergebnisse der betrachteten Rasierapparate in einem vergleichsweise engen Bereich (71% bis 79%).

Auffällig ist, dass der Grenzwert des best practice (91%) deutlich höher ist als die bei den Produktbeispielen erzielten Einzelergebnisse. Dies liegt daran, dass einzelne Merkmale bei jeweils unterschiedlichen Produktbeispielen qualitativ hochwertig erfüllt wurden, andere Bereiche aber deutlich schwächer abschnitten. In Summe zeigt also kein Produktbeispiel eine optimale Umsetzung der technischen Anforderungen in allen Bereichen. Die Detailergebnisse sind in **Anhang II** aufgeführt.

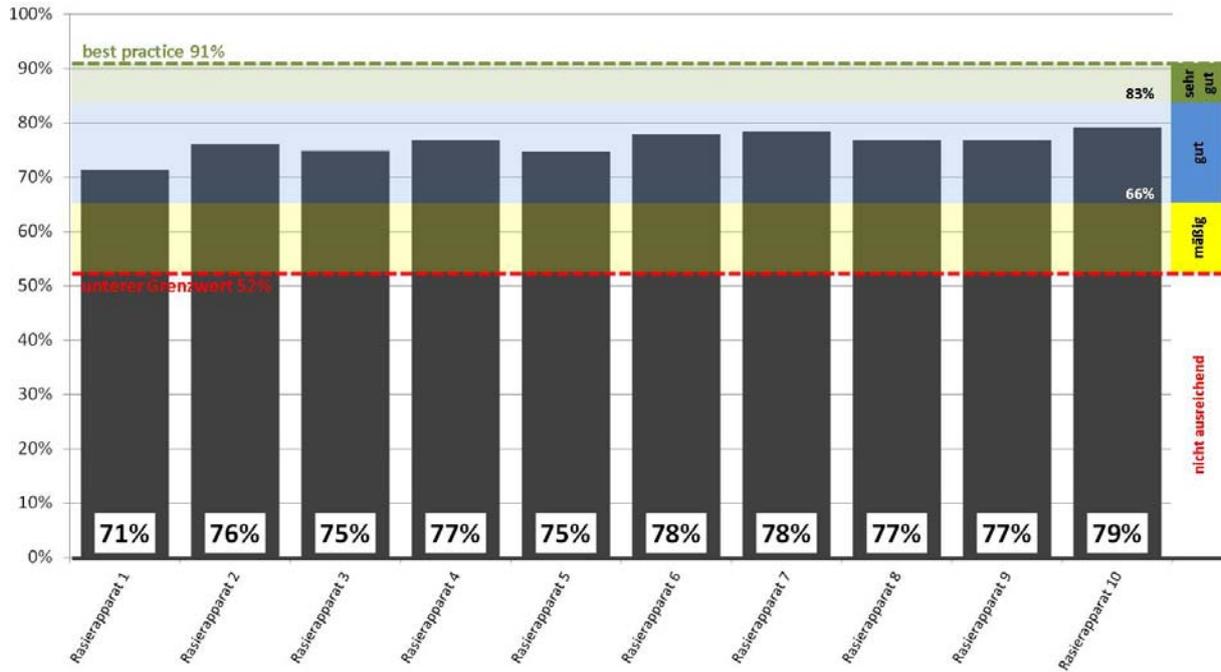


Abbildung 22: Grafische Darstellung der technischen Auswertung (Rasierapparate)

8.1.3 Bewertung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher

Alle zehn untersuchten Rasierapparate weisen innenliegende Akkumulatoren auf, d. h. bei einer Entnahme ist ein Öffnen des Gesamtgerätes erforderlich. Das Öffnen kann für alle Rasierapparate unter Zuhilfenahme von herkömmlichen, haushaltsüblichen Werkzeugen erfolgen.

Für drei der zehn untersuchten Rasierapparate ist die problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher erfüllt (vgl. Abbildung 23, betrifft Rasierapparate 1, 2 und 5). Nach dem Öffnen des Gesamtgerätes sind die enthaltenen Akkumulatoren eingelegt oder gesteckt und somit manuell ohne Zuhilfenahme weiterer Werkzeuge zu entnehmen.

Bei den untersuchten Rasierapparaten, deren problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher nicht erfüllt ist, sind die Akkumulatoren jeweils auf die Leiterplatten gelötet und erfordern somit die Zuhilfenahme von Spezialwerkzeug (vgl. Abbildung 23, betrifft Rasierapparate 3, 4, 6, 7, 8, 9 und 10).⁴⁰

⁴⁰ Bei dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt, ob aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten eine ununterbrochene Stromversorgung notwendig und eine ständige Verbindung zwischen dem Gerät und der Batterie oder dem Akkumulator erforderlich ist.

| Kriterium | Umsetzung* | Rasierapparat 1 | Rasierapparat 2 | Rasierapparat 3 | Rasierapparat 4 | Rasierapparat 5 |
|---|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 1 erfüllt | 1 erfüllt | | | 1 erfüllt |
| | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug (haushaltsüblich) | | | | | |
| | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug (nicht haushaltsüblich) | | | 1 nicht erfüllt | 1 nicht erfüllt | |
| | teilzerstörend (Verbindung) | | | | | |
| | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | | | | | |
| | | Rasierapparat 6 | Rasierapparat 7 | Rasierapparat 8 | Rasierapparat 9 | Rasierapparat 10 |
| | | 1 nicht erfüllt |

* entspricht der Umsetzung des Kriteriums 1 bei der Demontage in Analogie zur Auswertung der rechtlichen Anforderungen nach § 4 ElektroG und den technischen Anforderungen

Ü
B
E
R
T
R
A
G

Abbildung 23: Bewertung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher (Rasierapparate)

8.2 LCD-Computermonitore

8.2.1 Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart LCD-Computermonitore erfüllen die rechtlichen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 24).

Die Sicherstellung der problemlosen Entnahme von Akkumulatoren und Batterien (Kriterium 1) trifft bei dieser Geräteart nicht zu. Daher ist die rechtliche Auswertung an dieser Stelle ausschließlich auf die Obergruppe **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL A** bezogen. Drei Produktbeispiele (LCD-Computermonitor 3, 8 und 11) entsprechen dabei dem best practice. Lediglich der LCD-Computermonitor 6 schneidet bei der Auswertung vergleichsweise schlechter ab. Grund dafür ist die kaum erfüllte Anforderung bzgl. der Auffindbarkeit der Verbindungselemente (Kriterium 4).

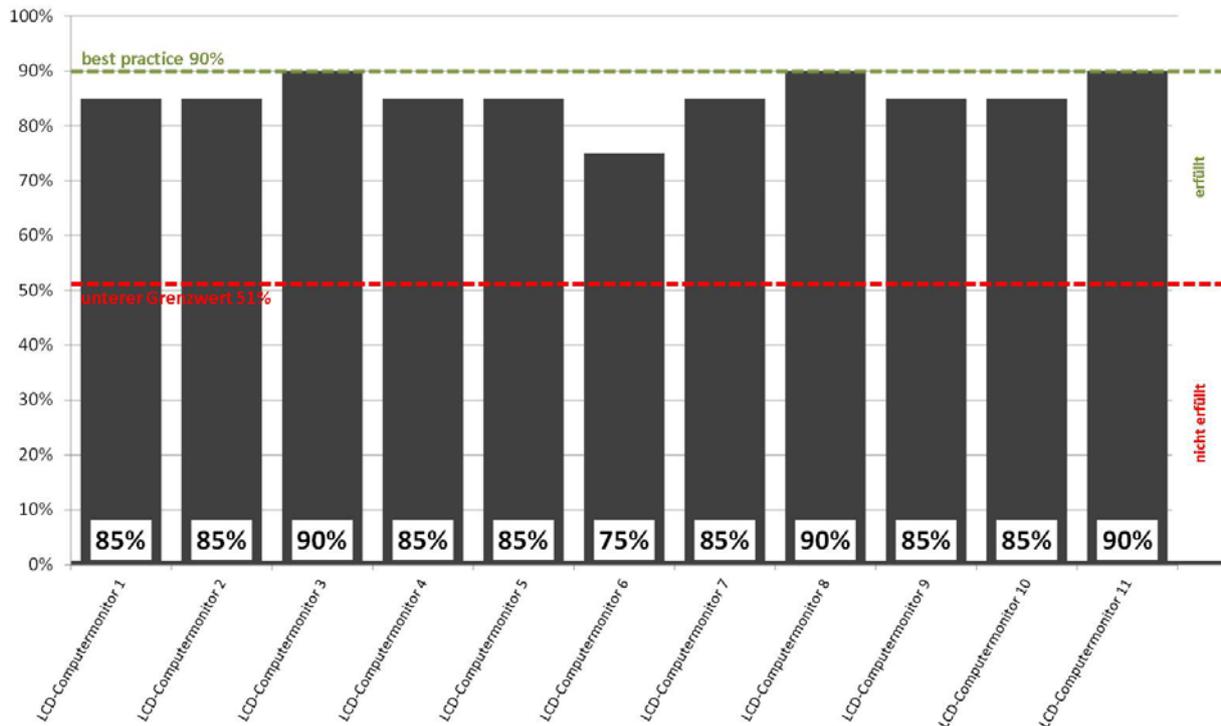


Abbildung 24: Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (LCD-Computermonitore)

8.2.2 Technische Auswertung

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart LCD-Computermonitore erfüllen die technischen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 25).

Dabei ist die recyclinggerechte Produktkonzeption sämtlicher Produktbeispiele unterschiedlich einzustufen:

- LCD-Computermonitore 4, 7 und 8 liegen im Bereich „sehr gute recyclinggerechte Produktkonzeption“,
- LCD-Computermonitore 1, 2, 3, 9, 10 und 11 liegen im Bereich „gute recyclinggerechte Produktkonzeption“,
- LCD-Computermonitore 5 und 6 liegen im Bereich „mäßige recyclinggerechte Produktkonzeption“.

Auffällig ist, dass der Grenzwert des best practice (94%) von keinem Produktbeispiel erreicht wird.

Die LCD-Computermonitore 5 und 6 weisen bei der Auswertung unterschiedliche Schwachstellen auf. LCD-Computermonitor 5 hat Defizite in den Obergruppen **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL B** sowie **Selektive Behandlung**, LCD-Computermonitor 6 erreicht eine niedrige Bewertungen für die Obergruppen **Baustruktur und Verbindungstechnik TEIL A**, **Werkstoffwahl** und **Kenn-**

zeichnung sowie **Selektive Behandlung**. Die Detailergebnisse sind im **Anhang III** aufgeführt.

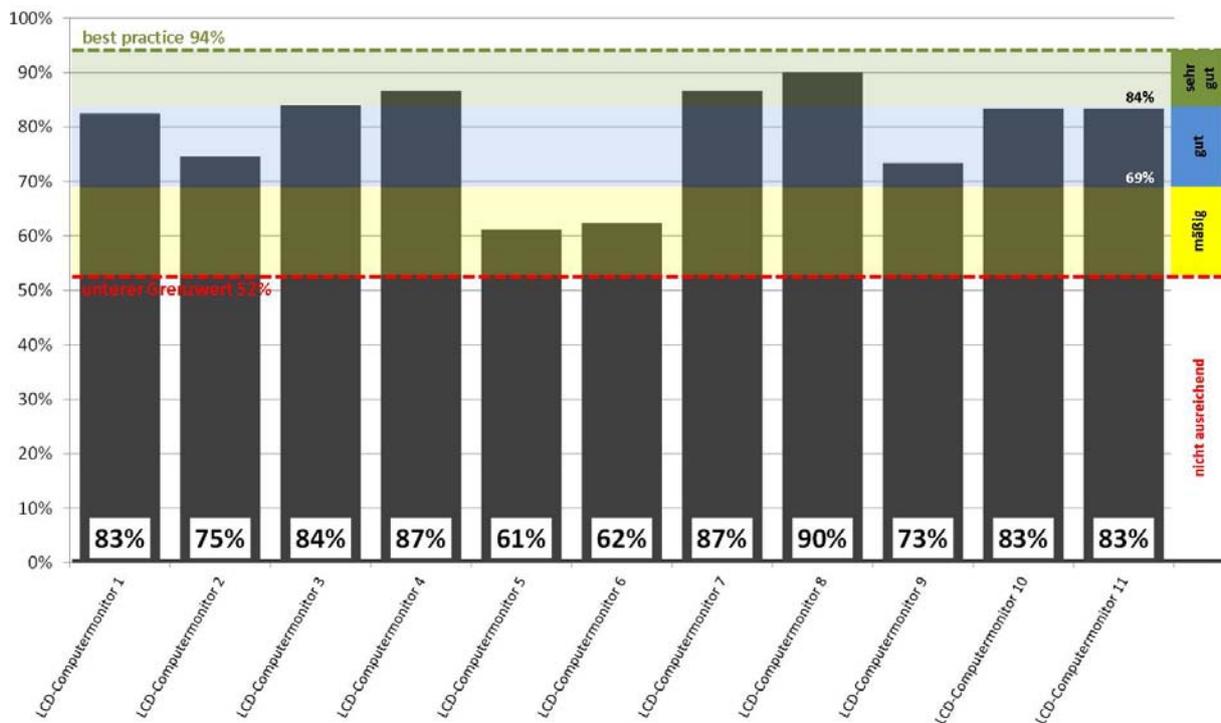


Abbildung 25: Grafische Darstellung der technischen Auswertung (LCD-Computermonitore)

8.3 Smartphones

8.3.1 Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart Smartphones erfüllen die rechtlichen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 26).

Die Sicherstellung der problemlosen Entnahme von Akkumulatoren und Batterien (Kriterium 1) ist bei allen Produktbeispielen erfüllt. Diese erfordert im schlechtesten Fall die Öffnung des Gerätes mit Spezialwerkzeug, was nach Auslegung des § 4 ElektroG als konform angesehen wird (vgl. Punkt 7.1.1).

Die in der Abbildung 26 rot umrandeten Ergebnisse der Smartphones 8 und 13 weisen bei der rechtlichen Auswertung gravierende Defizite auf. So ist jeweils die Lösbarkeit von Verbindungen, die im Rahmen einer Demontage gelöst werden müssen, als zerstörend (Bauteilbeschädigung) eingestuft. Mit der Auslegung des § 4 ElektroG Satz 3 wird die Verhinderung der Wiederverwendung allerdings nicht als Ausschlusskriterium aufgefasst (vgl. Punkt 7.1.1).

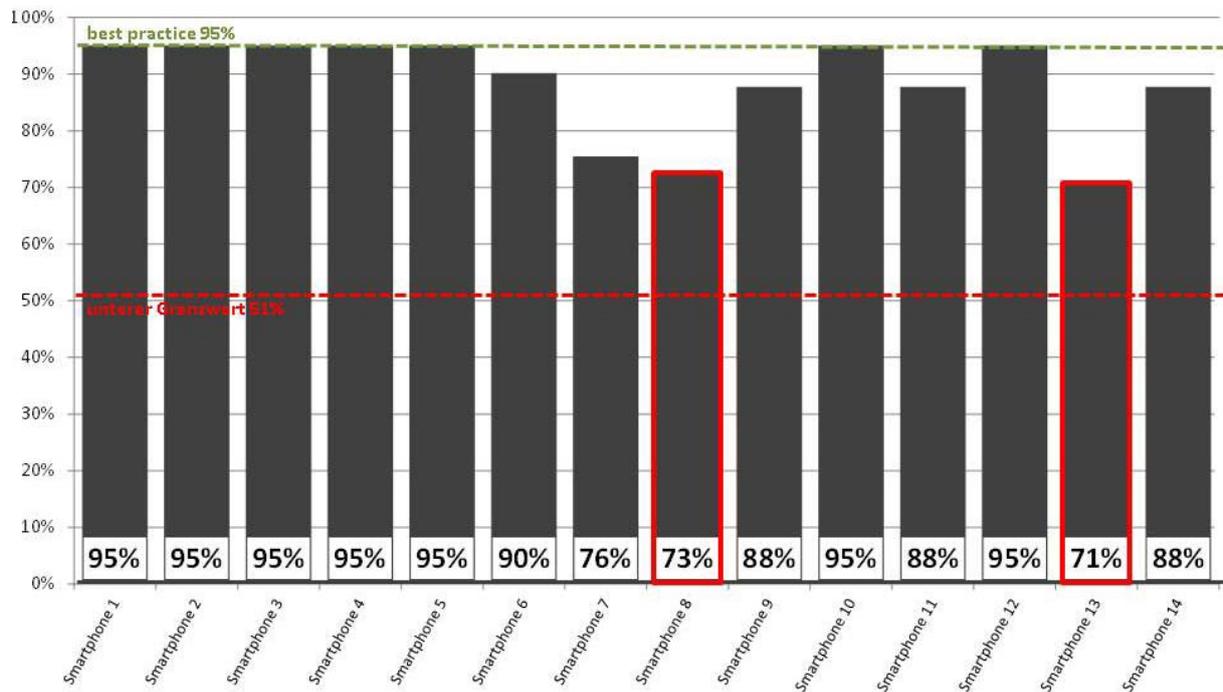


Abbildung 26: Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (Smartphones)

8.3.2 Technische Auswertung

Mit Ausnahme von einem Produktbeispiel erfüllen sämtliche der untersuchten Smartphones die technischen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 27).

Dabei ist die recyclinggerechte Produktkonzeption unterschiedlich einzustufen:

- Smartphones 1, 2, 3, 4, 5, 10 und 12 liegen im Bereich „sehr gute recyclinggerechte Produktkonzeption“,
- Smartphones 6, 7, und 11 liegen im Bereich „gute recyclinggerechte Produktkonzeption“,
- Smartphones 9, 13⁴¹ und 14 liegen im Bereich „mäßige recyclinggerechte Produktkonzeption“,
- Smartphone 8 wird als nicht ausreichend hinsichtlich der technischen Anforderungen eingestuft.

Der Grenzwert des best practice (95%) wird von einem Produktbeispiel (Smartphone 1) erreicht.

⁴¹ Das gilt unter der Voraussetzung, dass die im Rahmen der Demontage nicht bewertbaren Kriterien qualitativ hochwertig erfüllt würden.

Im Folgenden werden die Produktbeispiele näher beschrieben, deren Ergebnisse nach unten abweichen:

Smartphones 9 und 14 (jeweils 61% bis max. 63%, mäßige recyclinggerechte Produktkonzeption) erfordern bei der Entnahme der Akkumulatoren Spezialwerkzeug und erweisen sich in der Demontage als sehr aufwändig.

Smartphone 13 (43% bis max. 61%, mäßige recyclinggerechte Produktkonzeption) konnte bei der Demontage aufgrund der nicht auffindbaren Verbindungselemente nur zerstörend (Bauteilbeschädigung) zerlegt werden. Hierdurch ist auch die große mögliche Schwankungsbreite mit Delta 18% zu begründen. Das Ergebnis der aufgenommen Kriterien im Rahmen der Demontage ist hier wiedergegeben. Nach Internetrecherchen und entsprechenden Demontageanleitungen (vgl. **Anhang IV**) kann das Smartphone 13 mit ca. 74% (gute recyclinggerechte Produktkonzeption) eingestuft werden. Dies setzt allerdings die Detailkenntnisse über z. B. Auffindbarkeit zu lösender Verbindungen voraus, welche die Zerlegefachkraft im Rahmen der Demontage nicht hatte.

Smartphone 8 (49%, nicht ausreichende Produktkonzeption) konnte trotz manueller Entnahme des Akkumulators bei der weiteren Demontage nur zerstörend (Bauteilschädigung) zerlegt werden. Gleiches betrifft u. a. auch die Entnahme von selektiv zu behandelnden Bauteilen. Darüber hinaus ist die Auffindbarkeit und Zugänglichkeit von Verbindungselementen kaum erfüllt. Die Detailergebnisse sind in **Anhang IV** aufgeführt.

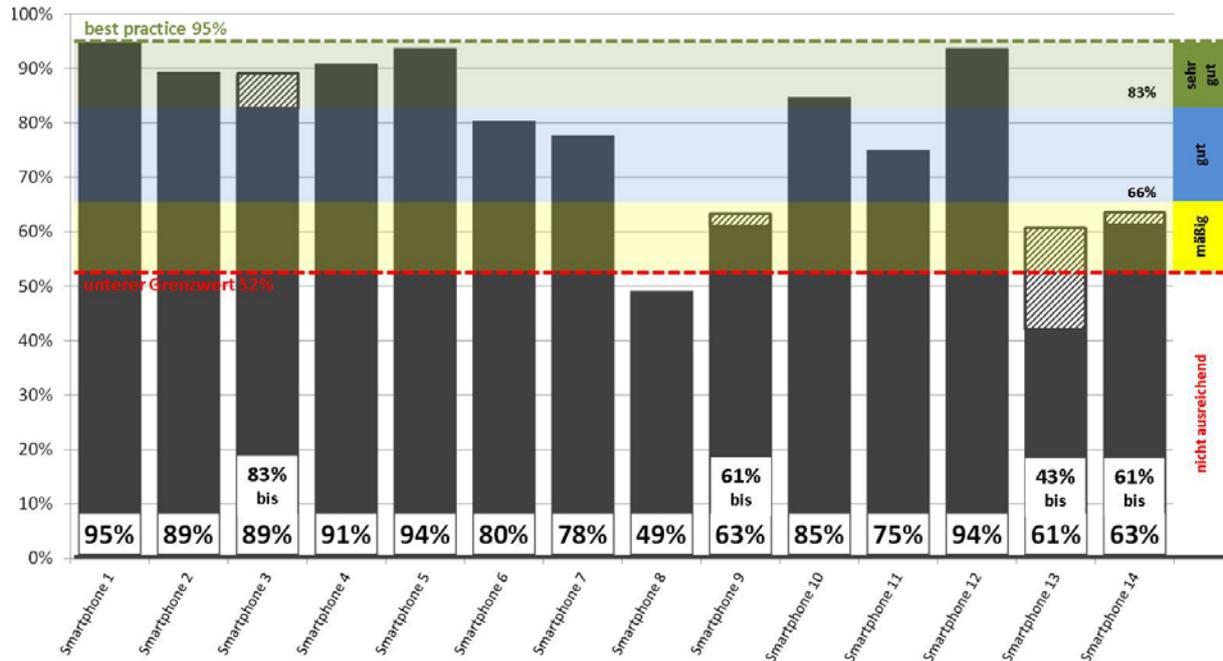


Abbildung 27: Grafische Darstellung der technischen Auswertung (Smartphones)

8.3.3 Bewertung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher

Für 12 der 14 untersuchten Smartphones ist die problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher erfüllt (vgl. Abbildung 28, betrifft Smartphone 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 und 13). Nach dem Entfernen der jeweiligen Abdeckung sind die Akkumulatoren eingelegt und somit manuell ohne Zuhilfenahme weiterer Werkzeuge zu entnehmen.

Bei den untersuchten Smartphones, deren problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher nicht erfüllt ist, erfordert die Entnahme des Akkumulators zunächst das Öffnen des Gerätegehäuses. Bei beiden untersuchten Produktbeispielen sind Feinverschraubungen unter Zuhilfenahme von entsprechendem Spezialwerkzeug zu lösen ((vgl. Abbildung 28, betrifft Smartphone 9 und 14).⁴²

⁴² Bei dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt, ob aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten eine ununterbrochene Stromversorgung notwendig und eine ständige Verbindung zwischen dem Gerät und der Batterie oder dem Akkumulator erforderlich ist.

| Kriterium | Umsetzung* | Smartphone 1 | Smartphone 2 | Smartphone 3 | Smartphone 4 | Smartphone 5 |
|--|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 1 erfüllt |
| | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug (haushaltsüblich) | | | | | |
| | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug (nicht haushaltsüblich) | | | | | |
| | teilzerstörend (Verbindung) | | | | | |
| | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | | | | | |
| * entspricht der Umsetzung des Kriteriums 1 bei der Demontage in Analogie zur Auswertung der rechtlichen Anforderungen nach § 4 ElektroG und den technischen Anforderungen | | | | | | |
| ÜBERTRAG | | Smartphone 6 | Smartphone 7 | Smartphone 8 | Smartphone 9 | Smartphone 10 |
| | 1 | erfüllt | erfüllt | erfüllt | | erfüllt |
| | | | | | 1 | nicht erfüllt |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ÜBERTRAG | | Smartphone 11 | Smartphone 12 | Smartphone 13 | Smartphone 14 | |
| | 1 | erfüllt | erfüllt | erfüllt | | |
| | | | | | 1 | nicht erfüllt |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Abbildung 28: Bewertung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher (Smartphones)

8.4 Akku-Schrauber

8.4.1 Rechtliche Auswertung gemäß § 4 ElektroG

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart Akku-Schrauber erfüllen die rechtlichen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 29).

Die Sicherstellung der problemlosen Entnahme von Akkumulatoren und Batterien (Kriterium 1) ist rechtlich bei allen Produktbeispielen erfüllt. Diese erfordert im schlechtesten Fall (Akku-Schrauber 2) die Öffnung des Gerätes mit Universalwerkzeug und das Lösen des verlöteten Akkumulators mit Spezialwerkzeug (LötKolben), was nach Auslegung des § 4 ElektroG als konform angesehen wird (vgl. Punkt 7.1.1). Bei allen anderen Produktbeispielen kann der Akkumulator manuell, ohne Zuhilfenahme von Werkzeug entfernt werden.

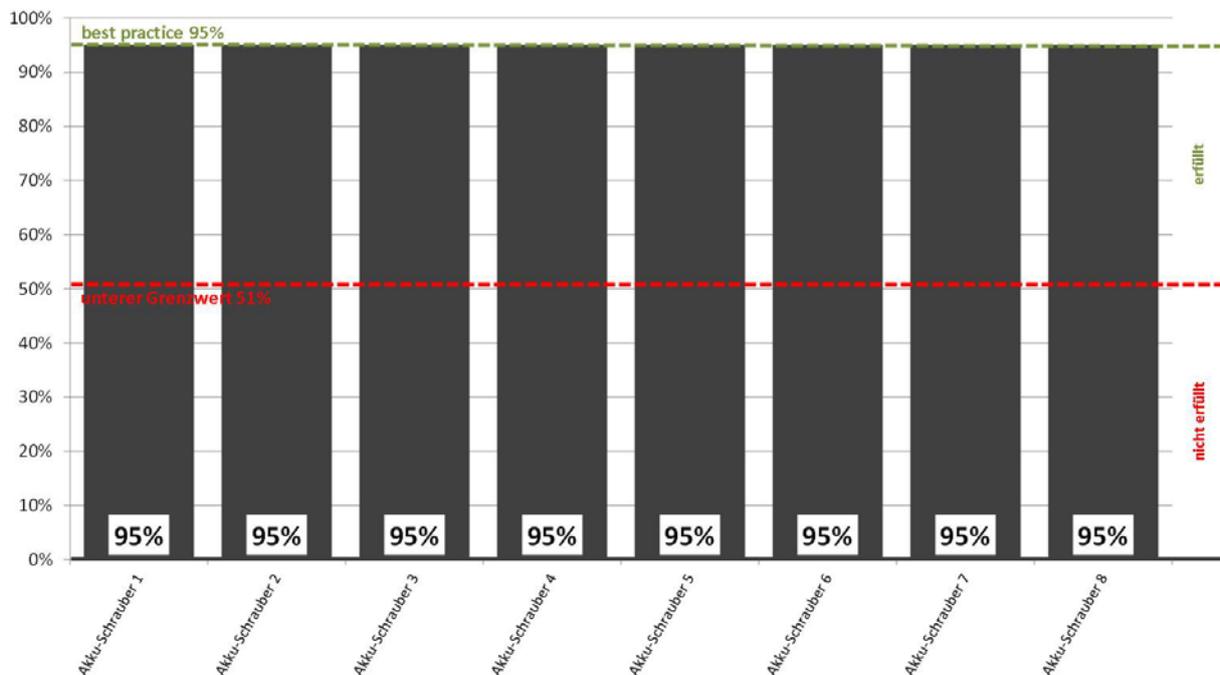


Abbildung 29: Grafische Darstellung der rechtlichen Auswertung gemäß § 4 ElektroG (Akku-Schrauber)

8.4.2 Technische Auswertung

Sämtliche der untersuchten Produktbeispiele der Geräteart Akku-Schrauber erfüllen die technischen Anforderungen hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption (vgl. Abbildung 30).

Dabei ist mit Ausnahme des Akku-Schraubers 2 die recyclinggerechte Produktkonzeption sämtlicher Produktbeispiele als sehr gut einzustufen. Aufgrund der einfachen und vergleichbaren Bauweise der Produktbeispiele bewegen sich die Ergebnisse der betrachteten Akku-Schrauber in einem vergleichsweise engen

Bereich (min. 88% bis max. 94%) und erfüllen annähernd die Anforderungen des best practice (94%).

Beim Akku-Schrauber 2 (77%, gute recyclinggerechte Produktkonzeption) handelt es sich um einen Akku-Schrauber, der im Gegensatz zu den weiteren Produktbeispielen nicht mit einem Wechselakkumulator betrieben wird, sondern als Stiftakkumulator ausgeführt ist, bei dem das gesamte Gerät in eine entsprechende Ladevorrichtung eingesteckt wird. Ähnlich wie bei den Rasierapparaten erfordert die Entnahme des Akkumulators die Öffnung des Gerätes und das Lösen der Lötverbindungen. Die Detailergebnisse sind in **Anhang V** aufgeführt.

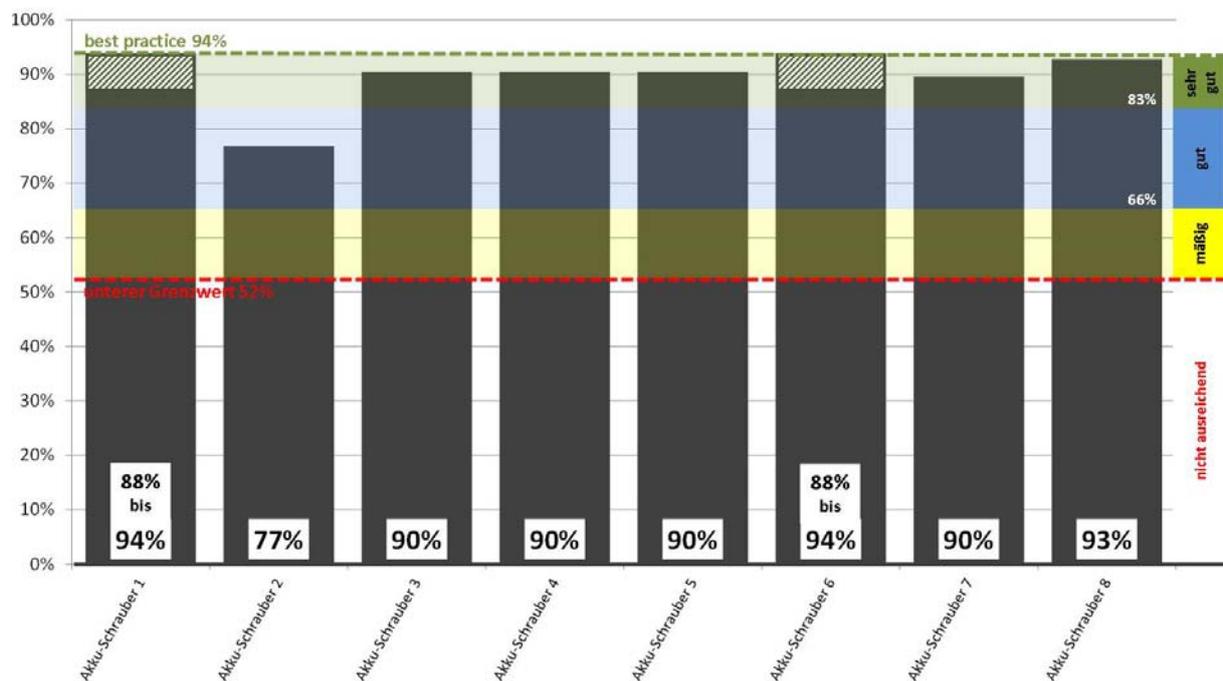


Abbildung 30: Grafische Darstellung der technischen Auswertung (Akku-Schrauber)

8.4.3 Bewertung der Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher

Für sieben der acht untersuchten Akku-Schrauber ist die problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher erfüllt (vgl. Abbildung 31, betrifft Akku-Schrauber 1, 3, 4, 5, 6, 7 und 8). Die jeweiligen Akkumulatoren werden in das Gerät eingeschoben und sind per Druckknopf manuell ohne Zuhilfenahme weiterer Werkzeuge zu entnehmen.

Bei dem untersuchten Akku-Schrauber, dessen problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher nicht erfüllt ist, sind die innenliegenden Akkumulatoren mit den zugehörigen Kabelverbindungen fest verlötet und erfor-

dem somit die Zuhilfenahme von Spezialwerkzeug (vgl. Abbildung 31, betrifft Akku-Schrauber 2).⁴³

| Kriterium | Umsetzung* | Akku-Schrauber 1 | Akku-Schrauber 2 | Akku-Schrauber 3 | Akku-Schrauber 4 | Akku-Schrauber 5 | |
|--|--|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| Problemlose Entnehmbarkeit des Akkumulators durch den Verbraucher | zerstörungsfrei, ohne Werkzeug | 1 erfüllt | | 1 erfüllt | 1 erfüllt | 1 erfüllt | |
| | zerstörungsfrei, mit Universalwerkzeug (haushaltsüblich) | | | | | | |
| | zerstörungsfrei, mit Spezialwerkzeug (nicht haushaltsüblich) | | 1 nicht erfüllt | | | | |
| | teilzerstörend (Verbindung) | | | | | | |
| | zerstörend (Bauteilbeschädigung) | | | | | | |
| * entspricht der Umsetzung des Kriteriums 1 bei der Demontage in Analogie zur Auswertung der rechtlichen Anforderungen nach § 4 ElektroG und den technischen Anforderungen | | | | | | | |
| | | Ü B E R T R A G | Akku-Schrauber 6 | Akku-Schrauber 7 | Akku-Schrauber 8 | | |
| | | | 1 erfüllt | 1 erfüllt | 1 erfüllt | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Abbildung 31: Bewertung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher (Akku-Schrauber)

⁴³ Bei dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt, ob aus Gründen der Sicherheit, der Leistung, aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Vollständigkeit von Daten eine ununterbrochene Stromversorgung notwendig und eine ständige Verbindung zwischen dem Gerät und der Batterie oder dem Akkumulator erforderlich ist.

9 Recyclinggerechte Produktkonzeption im Kontext der derzeitigen Verwertungspraxis

Neben der praktischen Untersuchung wurden Verwerter ergänzend per Fragebogen um Stellungnahme gebeten. Der dazugehörige Fragebogen ist dem **Anhang IX** zu entnehmen. Im Folgenden sind die Antworten sinnentnommen in anonymisierter Form aufgeführt:

1. Sind Ihrer Meinung nach die Anforderungen lt. § 4 ElektroG zur recyclinggerechten Produktkonzeption in einem ausreichenden Maße erfüllt?

Nein, die Umsetzung der Vorgaben des § 4 ElektroG ist häufig nicht erkennbar, besonders hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit des Gesamtgerätes und der Extraktion einzelner Komponenten des Gerätes.

Aufgrund von immer kleinerem und kompakterem Aufbau von Elektroklein-geräten scheint sich die Recyclinggerechtigkeit weiter zu verschlechtern (besonders hinsichtlich der manuellen Behandlung).

Dabei bedeutet „recyclinggerecht“ nicht zwangsläufig „demontagegerecht“: Häufig scheint sich die Produktkonzeption der Hersteller ausschließlich auf die Behandlung der Produkte in einer mechanischen Anlage zu beschränken.

2. Welche Merkmale/Eigenschaften etc., die Sie als „nicht recyclinggerechte Produktkonzeption“ einstufen, erschweren Ihre Prozesse bei der Behandlung (Vorbereitung zur Wiederverwendung, stoffliche Verwertung, Schadstoffentnahme etc.) von Elektro(nik)altgeräten und was resultiert daraus?

Das größte Problem ist die Identifizierung und Entnahme von Batterien und Akkumulatoren, weil speziell von Lithium-Ionen-Akkumulatoren eine erhebliche Brandgefahr ausgeht. Zudem nimmt die Anzahl dieser Akkumulatoren dramatisch zu. Eine Kennzeichnung und einfache Entnahme sind daher notwendig.

Weitere „nicht recyclinggerechte“ Produktkonzeptionen und deren Folgen sind:

*Die Verwendung einer hohen Vielfalt von unterschiedlichen Werkstoffen in einem Gerät; **Folge:** Erhöhter Aufwand bei der manuellen Sortierung; schlechteres Ergebnis bei der Werkstoffseparation durch eine mechanische Bearbeitung.*

*Die Verwendung einer hohen Vielfalt von unterschiedlichen Verbindungselementen (Clips, Schrauben, etc.); **Folge:** Erhöhte Bearbeitungszeit und/oder Werkzeugbedarf bei der manuellen Demontage.*

*Der Einguss von Leiterplatten in Gehäusen; **Folge:** erhöhter Aufwand bei der manuellen Demontage; **Folge:** Schlechterer Aufschluss der Materialien und/oder erhöhte Anhaftung von Störstoffen bei der mechanischen Bearbeitung.*

*Die vermehrte Verwendung von Klebeverbindungen im Bereich der wiederverwendbaren Komponenten; **Folge:** Eine zerstörungsfreie Extraktion von wieder verwendbaren Teilen ist oft aufgrund des Einsatzes von Klebeverbindungen erschwert.*

Hinweis: Oftmals wird seitens der Hersteller bei der Umsetzung nicht recyclinggerechter Produktkonzeptionen mit Sicherheitsaspekten argumentiert, u. a. damit, dass eine nicht fachkundige Person z. B. das Öffnen eines Gerätes nicht umsetzen können soll, um sie selbst zu schützen.

3. Halten Sie eine recyclinggerechte Produktkonzeption für alle Gerätearten für notwendig oder gibt es Gerätearten, die hinsichtlich einer recyclinggerechten Produktkonzeption besonders bzw. nicht zu berücksichtigen sind?

Eine recyclinggerechte Produktkonzeption ist vor allem dann sinnvoll, wenn eine selektive Behandlung angebracht ist. Dies betrifft z. B. Datenträger, die gelöscht werden sollen (hier ist die Zugänglichkeit und einfache Demontage wichtig) und sehr werthaltige Bauteile (hochwertige Leiterplatten, wiederverwendbare Bauteile, strategische Materialien).

Geklebte Materialverbindungen sind mit maschineller Aufbereitung praktisch nicht trennbar und sollten vermieden werden.

Bei kurzlebigen Konsumartikeln ist vor allem die Erkennung und Entnahme von Schadstoffen wichtig.

Besonders zu berücksichtigende Gerätearten sind hochwertige Produkte mit dem Potenzial zur Wiederverwendung (Stichworte: zerstörungsfreie Teileextraktion, Reparatur) und Produkte mit Schadstoffgehalt (Stichwort: Schadstoffentfrachtung).

Eine weitestgehend recyclinggerechte Produktkonzeption ist in jedem Fall die Voraussetzung für eine effiziente Bearbeitung des Gerätes und daher Vorgabe des ElektroG.

4. Sind Ihnen bei den Gerätearten LCD-Monitore, Smartphones, Akku-Schrauber und Rasierapparate Merkmale/Eigenschaften bekannt, die Sie als „nicht recyclinggerecht“ bzw. als „besonders recyclinggerecht“ einstufen?

LCD-Computermonitore:

Von außen ist oft nicht erkennbar, ob Hg-haltige Leuchten verbaut sind. Daraus folgen eine aufwändige Demontage und die erschwerte Zuordnung zu einem angemessenen Behandlungsweg (nicht recyclinggerecht). Vor der Zerlegung kommt es häufig zum Bruch der Lampen, da das Sammlungssystem eine weitestgehend bruchfreie Erfassung nahezu unmöglich macht.

Die Hg-haltigen Lampen sind häufig nicht in einem „am Stück“ zu demontierenden Teil verbaut, z. B. gesteckte und/oder geklebte Trägerschiene (nicht recyclinggerecht).

Standfußkonstruktionen bestehen häufig aus vielen unterschiedlichen Werkstoffen, die nur mit erhöhtem Aufwand voneinander separiert werden können (nicht recyclinggerecht).

Smartphones

Meist ist eine leichte Entnahme des Akkumulators möglich (besonders recyclinggerecht).

Die Entnahme des Akkumulators ist anteilig erschwert und nur mit Spezialwerkzeug durchführbar (nicht recyclinggerecht). Dadurch besteht schon bei der Sammlung und beim Transport ein erhöhtes Brandrisiko.

Überwiegend keine zerstörungsfreie Extraktion von weiteren Teilen/Komponenten möglich (nicht recyclinggerecht).

Akku-Schrauber

Akku-Schrauber stellen meist kein Problem dar, da der Akkumulator i. d. R. gut zu entnehmen ist (besonders recyclinggerecht).

Meist besteht der Aufbau aus modular aufgebauten Komponenten, dadurch überwiegend recyclinggerechte Konstruktion (besonders recyclinggerecht).

Ausnahmen sind die sogenannten „Stift“-Akku-Schrauber, bei denen die Akkumulatoren fest verbaut sind (nicht recyclinggerecht).

Rasierapparate

Meist bestehen sie aus modular aufgebauten Komponenten, dadurch überwiegend recyclinggerechte Konstruktion (besonders recyclinggerecht).

5. Behandeln Sie die unter 4. genannten Gerätearten? Wenn ja, wie alt sind die jeweiligen Gerätearten in etwa im Durchschnitt (in Jahren)? (ggf. Unterscheidung in b2b und b2c)

Bei den Befragten werden durchweg alle der unter Punkt 4. genannten Gerätearten behandelt. Das durchschnittliche Alter beträgt für LCD-Computermonitore fünf Jahre (b2b) bzw. 10 bis 15 Jahre (b2c), für Akku-Schrauber und Rasierapparate 15 Jahre, Smartphones kommen i. d. R. nicht beim Behandler an.⁴⁴

6. Sind Markengeräte bzw. Geräte renommierter Firmen Ihrer Ansicht nach recyclinggerechter konzipiert als Geräte weitgehend unbekannter Marken bei gleicher Funktionalität? (ggf. Beispiele)

Nein, Markengeräte sind oft gar nicht mehr von den Markenträgern entwickelt. Häufig sieht man auch äußerlich identische Geräte mit unterschiedlichem Innenleben. Markenhersteller scheinen sich auf das Design zu beschränken.

Häufig sind Markengeräte aufgrund einer erhöhten Qualität hinsichtlich konstruktions- und werkstofftechnischer Merkmale weniger recyclinggerecht aufgebaut als minderwertigere Produkte.

7. Sind bestimmte Gerätearten bzw. Geräte bestimmter Hersteller Ihrer Ansicht nach überwiegend nicht recyclinggerecht konzipiert? (ggf. Beispiele)

Flachbildschirme, Smartphones, e-book-Reader; sowie alle Geräte, die Akkumulatoren enthalten, Kühlgeräte mit neuartiger Isolierung (Vakuumpaneele), Wäschetrockner mit Wärmepumpen (fehlende Markierung, kein einfacher Zugang).

Aus den Erfahrungen von Zerlegefachkräften kann abgeleitet werden, dass Produkte von Hewlett-Packard meist einen komplizierten Aufbau aufweisen und daher nur mit erhöhtem Aufwand demontiert werden können.

Aus den Erfahrungen von Zerlegefachkräften kann abgeleitet werden, dass Produkte von Apple meist sehr viele Schraubverbindungen aufweisen.

8. Würde eine umfassende Umsetzung der recyclinggerechten Produktkonzeption (ggf. für einzelne Gerätearten, -kategorien) zu Veränderungen bei Ihren Behandlungsschritten führen und wenn ja, zu welchen?

Eine (verbesserte) Kennzeichnung von LCD-Computermonitoren hinsichtlich der verwendeten Hintergrundbeleuchtung würde die Zuordnung der Geräte

⁴⁴ Das durchschnittliche Alter ist nur sehr schwer und mit erheblichen Unsicherheiten anzugeben und wird im Rahmen des Behandlungsprozesses nicht aufgenommen.

zum Verfahrensweg erleichtern. Dies gilt ebenfalls für alle anderen Geräte mit Schadstoffinhalt.

Ob aus einer veränderten Konstruktion ebenfalls eine veränderte Behandlung resultiert, ist jedoch von Fall zu Fall zu betrachten und kann nicht verallgemeinert werden.

Sofern die recyclinggerechte Produktkonzeption nicht verbessert wird, werden die Risiken durch gefährliche Stoffe zunehmen und entsprechend eine intensivere Sortierung, Vorbehandlung und Demontage bzw. eine selektive Erfassung in separaten Gefahrstoffbehältern und Transport als Gefahrgut erforderlich machen.

10 Recyclinggerechte Produktkonzeption im Kontext zur Obsoleszenz von Elektro(nik)produkten

Die Obsoleszenz (von lat. *obsolescere*, sich abnutzen) von Elektro(nik)produkten wird derzeit verstärkt in den Medien diskutiert. Es besteht der Verdacht, dass Elektro(nik)produkte so konstruiert sind, dass ihre Lebensdauer technisch begrenzt bzw. durch z. B. die Wahl unzureichender Materialien und Bauteile verkürzt ist. Dies hat zur Folge, dass sich die Elektro(nik)produkte schneller verschleifen und verbrauchen als technisch nötig wäre und somit frühzeitig ersetzt würden, da notwendige Reparaturen im Vergleich zur Neuanschaffung i. d. R. zu kostenintensiv sind.⁴⁵

Die Obsoleszenz kann grundsätzlich in zwei Kategorien unterschieden werden:

- **Geplante Obsoleszenz:** Hierbei wird unterstellt, dass der Hersteller eines Elektro(nik)produktes bewusst nutzungsdauerverkürzende Materialien und Bauteile in seinen Produkten eingesetzt hat. Hierzu zählt auch die sog. Funktionelle Obsoleszenz, bei der das Elektro(nik)produkt an sich noch voll funktionsfähig ist, allerdings aufgrund neuer Anforderungen (z. B. neues Betriebssystem, ausgelaufener technischer Support, keine Rückwärtskompatibilität von Folgeprodukten etc.) nicht in vollem Umfang genutzt werden können.
- **Nicht geplante Obsoleszenz:** Hierzu zählen Konstruktions- und Fabrikationsfehler, die unbewusst begangen werden, aber letztlich die gleiche Wirkung wie die o. g. geplante Obsoleszenz haben.

Der Nachweis, welcher Kategorie ein Verschleiß zuzuordnen ist, ist schwer zu führen, da „geplante Systematiken“ erst nach einer umfangreichen Untersuchung erkannt werden dürften.

Hinweise zu Elektro(nik)produkten, bei denen der Verdacht besteht, dass ihre Nutzungsdauer technisch verkürzt ist und diese Geräte mitunter kurz nach Ablauf der Garantie defekt bzw. reparaturbedürftig sind, gibt die Internetplattform „MURKS? NEIN DANKE!“.⁴⁶ Hier können Verbraucher ihre Erfahrungen unter Benennung des aufgetretenen Verschleißes melden. Daneben existiert mit dem Bensheimer Testhaus HTV⁴⁷ ein Unternehmen, das mit 170 Mitarbeitern Elektronik per Röntgenuntersuchung, Rasterelektronenmikroskopie und Infrarotspektroskopie auf geplante Obsoleszenz untersucht. Dieses Unternehmen vergibt eben-

⁴⁵ Für die Vertiefung zum Thema Obsoleszenz siehe auch Schridde, S. et al.: „Geplante Obsoleszenz“, Gutachten im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen (2013), abrufbar unter: www.murks-nein-danke.de/blog/studie/, letzter Abruf: 16.07.2013.

⁴⁶ Homepage MURKS? NEIN DANKE!: www.murks-nein-danke.de.

⁴⁷ Homepage Testhaus HTV: www.htv-gmbh.de.

falls das „HTV-Life-Gütesiegels gegen geplante Obsoleszenz“, welches erstmals Ende Mai 2013 vergeben wurde.⁴⁸

Da bei der Untersuchung zur recyclinggerechten Produktkonzeption die Funktionalität der in den Elektro(nik)produkten verwendeten Materialien und Bauteile im Verlauf der Nutzungsphase nicht betrachtet wird, können aus den genannten Ergebnissen (vgl. Punkt 8) keine Angaben zur Obsoleszenz direkt abgeleitet werden. Dennoch ergeben sich Schnittstellen, die sowohl hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption als auch hinsichtlich der Obsoleszenz von Elektro(nik)produkten relevant sind. Dies betrifft im Wesentlichen den Verbau von Akkumulatoren, der im Folgenden diskutiert wird.

Wie in dieser Untersuchung festgestellt wird, ist die Entnahme von verlöteten Akkumulatoren, die darüber hinaus eine Öffnung des Gerätes per Universal- bzw. Spezialwerkzeug erfordert, konform zu den in § 4 ElektroG Satz 2 genannten rechtlichen Anforderungen (vgl. Punkt 7.1). Zumindest in der Behandlungsphase kann die Entnahme von Akkumulatoren gewährleistet werden. Im Falle eines defekten bzw. verbrauchten Akkumulators bedeutet der notwendige Ausbau bzw. Austausch für den Verbraucher des Elektro(nik)gerätes eine ungleich höhere Hürde (vgl. Punkt 7.3). Dies erfordert besondere Fachkenntnisse und ggf. spezielle Werkzeuge bei der zerstörungsfreien Öffnung des Gerätes und beim Lösen der Lötverbindungen. Letztlich muss das Gerät wieder fachgerecht zusammgebaut werden. Die Problematik liegt im Wesentlichen darin, dass die erforderlichen Fachkenntnisse bei der Mehrzahl der Verbraucher nicht vorhanden sind, und sie wird dadurch verschärft, dass Gewährleistungsansprüche nach Öffnung des Gerätes i. d. R. erlöschen.

Alternativ kann der Akkumulator bei einem Reparaturdienst ersetzt werden. Da aber gerade bei minderpreisigen Elektro(nik)produkten die Reparaturkosten unverhältnismäßig hoch sind, wird das Gebrauchtgerät vielfach durch ein Neugerät ersetzt. Somit wird die Nutzungsdauer des Gesamtgerätes faktisch an die Nutzungsdauer des Akkumulators gekoppelt, die nach Ladezyklen bemessen und endlich ist.⁴⁹ Dies betrifft vor allem portable Kleingeräte wie u. a. Smartphones, Tablets, elektronische Zahnbürsten, Rasierapparate, Navigationsgeräte und MP3-Player.

Die nachfolgende Tabelle 17 zeigt die Interessenlage beim Thema fest verbaute Akkumulatoren auf. Während die Hersteller ressourcensparende (leichtere, dün-

⁴⁸ Siehe hierzu Markt&Technik, Nr. 26/2013, Seiten 10 und 11 und Internetplattform golem.de: www.golem.de/news/geplante-obsoleszenz-wo-die-sollbruchstellen-in-der-elektronik-liegen-1306-99957.html, zuletzt abgerufen am 12.07.2013.

⁴⁹ Eine Liste aktueller Elektro(nik)produkte mit fest verbautem Akkumulator ist unter www.akkuskandal.de zu finden.

nerer Geräte) und technische (stabilerer Geräte, flexiblere Bauformen) Argumente anführen, sehen Umweltverbände und Recycler die Gefahr der Obsoleszenz und verminderten Rückgewinnung von Wertstoffen.

Tabelle 17: Interessenslage zum Thema fest verbaute Akkumulatoren⁵⁰

| Hersteller | Umweltverbände und Recycler |
|---|--|
| <p>HP (Kirstie McIntyre, Environmental Responsibility) „Bei einigen unserer Notebooks ist der Akku in das Gehäuse integriert. Dadurch wird das Produkt dünner und leichter – und der Aufwand für den Transport sinkt signifikant. Für den Akkutausch benötigt man lediglich einen Schraubendreher.“</p> <p>Dell (Markus Stutz, Environmental Affairs) „Geräte mit fest verbautem Akku können dünner und leichter gebaut werden. Zudem kann der fest eingebaute Akku zu stabileren Geräten führen.“</p> <p>Lenovo (Magnus Piotrowski, Environmental Affairs) „Neue Bauformen werden möglich, da zum Beispiel der Akku über das Gerät verteilt werden kann.“</p> | <p>Umweltbundesamt (Jochen Flasbarth, Präsident) „Dass das verschleißträchtigste Bauteil nicht einfach ersetzt werden kann, ist grotesk. Das muss man verbieten.“</p> <p>Greenpeace (Casey Harrell, Aktivist) „Es ist höchst unwahrscheinlich, dass Leute sich Spezialwerkzeug kaufen und herumbasteln. Die Alternative ist, das Produkt für teures Geld einzuschicken – und auf die Rücksendung zu warten. Die meisten werden einfach ein neues Gerät kaufen.“</p> <p>ELPRO Elektronik-Produkt Recycling (Dirk Schöps, Geschäftsführer) „Ich sehe Handlungsbedarf, fest eingebaute Akkus zu verbieten. Nickel und Kobalt aus den Akkus lassen sich nur gewinnen, wenn sie nicht mit Ballast aus Geräten verdünnt werden. Für Kupfer und Edelmetalle gilt das gleichermaßen.“</p> |

Eine weitere Problematik ergibt sich auch bei der Entsorgung dieser Geräte durch den Verbraucher. Die im Inneren verbauten Akkumulatoren gelangen z. B. bei der kostenfreien Rückgabe an öffentlichen Sammelstellen in die Sammelgemische. Dort stellen besonders Lithium-Ionen-Akkumulatoren eine Brandgefahr dar.

⁵⁰ Gemäß [Wölbert 2013].

11 Zusammenfassung

Im Rahmen der Untersuchung wurde anhand eines eigens entwickelten Kriterienkataloges die recyclinggerechte Produktkonzeption von vier verschiedenen Gerätarten (Rasierapparate, LCD-Computermonitore, Smartphones und Akkuschauber) bzw. insgesamt 43 Produktbeispielen untersucht.

Dazu wurden die Produktbeispiele von Zerlegefachkräften unter Begleitung einer Sachverständigen für Elektrogeräteentsorgung demontiert und die Ergebnisse der Demontage gemäß dem Kriterienkatalog dokumentiert.

Der Kriterienkatalog umfasst 15 Einzelkriterien, die in fünf Obergruppen zusammengefasst nach rechtlichen und technischen Anforderungen gewichtet sind. Die Auswertung wurde im Weiteren um die Betrachtung der Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher ergänzt.

Die rechtliche Auswertung der Produktbeispiele orientiert sich ausschließlich an der Auslegung des § 4 ElektroG, die technische Bewertung folgt der im ElektroG und KrWG formulierten abfallrechtlichen Zielsetzung (Abfallhierarchie).

Die Ergebnisse der **rechtlichen Auswertung** zeigen, dass alle 43 Produktbeispiele die Mindestanforderungen an eine recyclinggerechte Produktkonzeption gemäß § 4 ElektroG erfüllen. Wesentliches Erfüllungskriterium hierbei ist die Umsetzung der Entnahme der enthaltenen Akkumulatoren.

Die Ergebnisse der **technischen Auswertung** zeigen, dass 42 von 43 Produktbeispielen die Mindestanforderungen an eine recyclinggerechte Produktkonzeption erfüllen. Die Endbewertung der Produktbeispiele erfolgt in den Abstufungen „sehr gute“, „gute“, „mäßige“ sowie „nicht ausreichende“ recyclinggerechte Produktkonzeption. Die Bewertung betrifft immer nur das in der Untersuchung vorliegende Produktbeispiel, ohne zu berücksichtigen, ob Folgemodelle ggf. hinsichtlich der Umsetzung einzelner Kriterien Verbesserungen oder Verschlechterungen aufweisen. Der technische Vergleich der jeweiligen Gerätarten zeigt folgende Auffälligkeiten:

- Rasierapparate (10 Produktbeispiele, 7 Hersteller): Die recyclinggerechte Produktkonzeption sämtlicher Produktbeispiele ist als gut einzustufen. In Summe zeigt allerdings kein Produktbeispiel eine optimale Umsetzung der technischen Anforderungen in allen Bereichen.
- LCD-Computermonitore (11 Produktbeispiele, 8 Hersteller): Die recyclinggerechte Produktkonzeption dieser Produktbeispiele ist unterschiedlich einzustufen und reicht von „sehr gut“ (3 Produktbeispiele) über „gut“ (6 Produktbeispiele) bis hin zu mäßig (2 Produktbeispiele). Die als „mäßig“ eingestuft Produktbeispiele haben einerseits Defizite bei der Verbindungstechnik (viele

verschiedene Verbindungsarten, teilweise ausschließlich teilzerstörend zu lösen) und bei der Werkstoffwahl (unterschiedliche und nicht verträglich Kunststoffe mit gleicher Farbgebung).

- Smartphones (14 Produktbeispiele, 5 Hersteller): Die recyclinggerechte Produktkonzeption dieser Produktbeispiele ist unterschiedlich einzustufen und reicht von „sehr gut“ (7 Produktbeispiele, eines dieser Beispiele entspricht den Anforderungen des best practice) über „gut“ (3 Produktbeispiele) und mäßig (3 Produktbeispiele) bis hin zu „nicht ausreichend“ (1 Produktbeispiel). Bei dem als „nicht ausreichend“ eingestuften Produktbeispiel konnte das Gerät trotz manueller Entnahme des Akkumulators bei der weiteren Demontage nur zerstörend (Bauteilschädigung) zerlegt werden. Gleiches betrifft u. a. auch die Entnahme von selektiv zu behandelnden Bauteilen. Darüber hinaus ist die Auffindbarkeit und Zugänglichkeit von Verbindungselementen kaum erfüllt.
- Akku-Schrauber (8 Produktbeispiele, 7 Hersteller): Mit Ausnahme eines Produktbeispiels ist die recyclinggerechte Produktkonzeption sämtlicher Produktbeispiele als sehr gut einzustufen, und sie erfüllen annähernd die Anforderungen des best practice. Die Ausnahme bildet ein Produktbeispiel, welches nicht mit einem Wechselakkumulator betrieben wird, sondern als Stiftakkumulator ausgeführt ist.

Die Betrachtung der **Entnehmbarkeit von Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher** erfolgt für die Produktbeispiele, die ganz oder teilweise mit Batterien und Akkumulatoren werden (32 der insgesamt untersuchten 43 Produktbeispiele). Insgesamt ist die problemlose Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher bei 22 der 32 betroffenen Produktbeispiele erfüllt. Im Detail zeigen sich folgende Auffälligkeiten:

- Alle zehn untersuchten Rasierapparate weisen innenliegende Akkumulatoren auf, d. h. bei einer Entnahme ist ein Öffnen des Gesamtgerätes erforderlich. Das Öffnen kann für alle Rasierapparate unter Zuhilfenahme von herkömmlichen, haushaltsüblichen Werkzeugen erfolgen. Bei 7 der 10 untersuchten Rasierapparate ist die Anforderung an eine problemlose Entnehmbarkeit der Akkumulatoren durch den Verbraucher nicht erfüllt. Bei diesen Produktbeispielen sind die Akkumulatoren jeweils auf die Leiterplatten gelötet. Ein Lösen erfordert im Weiteren somit die Zuhilfenahme von Spezialwerkzeug.
- Bei zwei der 14 untersuchten Smartphones ist die Anforderung an eine problemlose Entnehmbarkeit der Akkumulatoren durch den Verbraucher nicht erfüllt. Bei diesen Produktbeispielen erfordert die Entnahme der jeweils innenliegenden Akkumulatoren zunächst das Öffnen des Gerätegehäuses. Bei beiden

untersuchten Produktbeispielen sind Feinverschraubungen unter Zuhilfenahme von entsprechendem Spezialwerkzeug zu lösen.

- Bei einem der acht untersuchten Akku-Schrauber ist die Anforderung an eine problemlose Entnehmbarkeit der Akkumulatoren durch den Verbraucher nicht erfüllt. Bei diesem Produktbeispiel sind die innenliegenden Akkumulatoren mit den zugehörigen Kabelverbindungen fest verlötet und erfordern somit bei der Entnahme die Zuhilfenahme von Spezialwerkzeug.

Eine zusammenfassende Übersicht der genannten Ergebnisse der Untersuchung ist in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Übersicht der Ergebnisse der Untersuchung (Zusammenfassung)

| Geräteart | Umsetzung der ... | | |
|------------------------|--|--------------------------|--|
| | rechtliche Anforderungen nach § 4 ElektroG | technische Anforderungen | Entnehmbarkeit von Akkumulatoren durch den Verbraucher |
| Rasierapparat 1 | erfüllt | gut (71%) | erfüllt |
| Rasierapparat 2 | erfüllt | gut (76%) | erfüllt |
| Rasierapparat 3 | erfüllt | gut (75%) | nicht erfüllt |
| Rasierapparat 4 | erfüllt | gut (77%) | nicht erfüllt |
| Rasierapparat 5 | erfüllt | gut (75%) | erfüllt |
| Rasierapparat 6 | erfüllt | gut (78%) | nicht erfüllt |
| Rasierapparat 7 | erfüllt | gut (78%) | nicht erfüllt |
| Rasierapparat 8 | erfüllt | gut (77%) | nicht erfüllt |
| Rasierapparat 9 | erfüllt | gut (77%) | nicht erfüllt |
| Rasierapparat 10 | erfüllt | gut (79%) | nicht erfüllt |
| LCD-Computermonitor 1 | erfüllt | gut (83%) | trifft nicht zu |
| LCD-Computermonitor 2 | erfüllt | gut (75%) | |
| LCD-Computermonitor 3 | erfüllt | gut (84%) | |
| LCD-Computermonitor 4 | erfüllt | sehr gut (87%) | |
| LCD-Computermonitor 5 | erfüllt | mäßig (61%) | |
| LCD-Computermonitor 6 | erfüllt | mäßig (62%) | |
| LCD-Computermonitor 7 | erfüllt | sehr gut (87%) | |
| LCD-Computermonitor 8 | erfüllt | sehr gut (90%) | |
| LCD-Computermonitor 9 | erfüllt | gut (73%) | |
| LCD-Computermonitor 10 | erfüllt | gut (83%) | |
| LCD-Computermonitor 11 | erfüllt | gut (83%) | |
| Smartphone 1 | erfüllt | sehr gut (95%) | erfüllt |
| Smartphone 2 | erfüllt | sehr gut (89%) | erfüllt |
| Smartphone 3 | erfüllt | sehr gut (max. 89%) | erfüllt |
| Smartphone 4 | erfüllt | sehr gut (91%) | erfüllt |
| Smartphone 5 | erfüllt | sehr gut (94%) | erfüllt |
| Smartphone 6 | erfüllt | gut (80%) | erfüllt |
| Smartphone 7 | erfüllt | gut (78%) | erfüllt |
| Smartphone 8 | erfüllt | nicht ausreichend (49%) | erfüllt |
| Smartphone 9 | erfüllt | mäßig (max. 63%) | nicht erfüllt |
| Smartphone 10 | erfüllt | sehr gut (85%) | erfüllt |
| Smartphone 11 | erfüllt | gut (75%) | erfüllt |
| Smartphone 12 | erfüllt | sehr gut (94%) | erfüllt |
| Smartphone 13 | erfüllt | mäßig (max. 61%) | erfüllt |
| Smartphone 14 | erfüllt | mäßig (max. 63%) | nicht erfüllt |
| Akku-Schrauber 1 | erfüllt | sehr gut (max. 94%) | erfüllt |
| Akku-Schrauber 2 | erfüllt | gut (77%) | nicht erfüllt |
| Akku-Schrauber 3 | erfüllt | sehr gut (90%) | erfüllt |
| Akku-Schrauber 4 | erfüllt | sehr gut (90%) | erfüllt |
| Akku-Schrauber 5 | erfüllt | sehr gut (90%) | erfüllt |
| Akku-Schrauber 6 | erfüllt | sehr gut (max. 94%) | erfüllt |
| Akku-Schrauber 7 | erfüllt | sehr gut (90%) | erfüllt |
| Akku-Schrauber 8 | erfüllt | sehr gut (93%) | erfüllt |

11.1 Verwertung der Untersuchungsergebnisse

Aus der vorliegenden Untersuchung ist ersichtlich, welche Produktbeispiele in einer vergleichenden Bewertung innerhalb einer Geräteart recyclinggerechter konzipiert sind als andere. Aus der Gegenüberstellung (vgl. **Anhang VII** und **Anhang VIII**) wird deutlich, wie die Kriterien im Einzelnen umgesetzt sind und welche Optimierungsmöglichkeiten sich jeweils ergeben. Diese Optimierungsmöglichkeiten können die Basis für den Dialog mit den jeweiligen Herstellern sein, um die Thematik einer recyclinggerechten Produktkonzeption dort zu sensibilisieren und in den Herstellungsprozessen zu manifestieren.

Die erarbeiteten Kriterien und Erkenntnisse können darüber hinaus in die Erarbeitung möglicher Standardisierungen einfließen, deren Ziel z. B. die Vergabe von bundesweit gültigen einheitlichen Gütesiegeln ist (z. B. in Anlehnung an die ONR 192102, vgl. Punkt 3.2), welche selbstverpflichtend als Herausstellungsmerkmal für Hersteller attraktiv sein können. Daran anknüpfend können diese Standardisierungen den Grundstein für ein Bonussystem bilden, bei dem sehr gut recyclinggerecht konzipierte Produktbeispiele im Hinblick auf die anrechenbaren Entsorgungskosten begünstigt und umgekehrt Negativbeispiele benachteiligt werden.

Des Weiteren können Leitlinien für das Beschaffungswesen des öffentlichen Dienstes abgeleitet werden. Diese formulierten Empfehlungen geben Hinweise, welche Mindestanforderungen Elektro(nik)produkte hinsichtlich der recyclinggerechten Produktkonzeption erfüllen müssen. Diese Anforderungen müssen mit weiteren gerätespezifischen Kriterien z. B. Ressourcenverbrauch, Emissionen während der Nutzungsphase in Korrelation gebracht werden.

Durch die skizzierten Verfahren würde die Wahrnehmung einer recyclinggerechten Produktkonzeption der Hersteller im Rahmen ihrer Produktverantwortung gestärkt.

Gleichzeitig können die Erkenntnisse der Studie in die Novellierung des ElektroG einbezogen werden. Wie die Untersuchung zeigt, wird für alle Produktbeispiele die Erfüllung der rechtlichen Anforderungen nach § 4 ElektroG angenommen, was letztlich allerdings auch durch die unklare und deutungsoffene Formulierung des Rechtstextes zu begründen ist. Da mit der Formulierung der neuen WEEE-Richtlinie nicht mit einer Verschärfung der Anforderungen der recyclinggerechten Produktkonzeptionen respektive mit folgenden Sanktionen bei Nichterfüllung zu rechnen ist, liegt es am nationalen Gesetzgeber, die bisherigen Formulierungen entsprechend zu präzisieren. Dies betrifft im Wesentlichen die Entnahme von Batterien und Akkumulatoren, für die eine klare Zuweisung über das rechtlich Mögliche (respektive Nicht-Mögliche) getroffen werden sollte, und in dessen Fol-

ge auch eine Anpassung des § 23 ElektroG erforderlich ist, um Ordnungswidrigkeiten bei Zuwiderhandlung entsprechend mit Bußgeldern zu belegen.

Zwischenergebnisse der Untersuchung wurden durch einen Vortrag mit dem Titel „Prüfung der Recyclingfähigkeit von Elektro- und Elektronikgeräten“ im Rahmen der Veranstaltung „cyclos congress 2013“ am 18. Juni 2013 in Berlin vorgestellt. Die Referenten des inhaltlich geteilten Vortrages waren Herr Harald Notter (Umweltministerium Baden-Württemberg) und Herr Dr.-Ing. Stephan Löhle (cyclos GmbH).

Im Weiteren ist die Vorstellung der Untersuchungsergebnisse beim „Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress 2013 Baden-Württemberg“ am 12. bis 13. November in Stuttgart vorgesehen. Darüber hinaus ist die Veröffentlichung von Artikeln in Fachzeitschriften geplant.

11.2 Ausblick – weiterführende Untersuchungen

Die vorliegende Untersuchung ist bewusst auf einen ausgewählten Ausschnitt des Elektro(nik)gerätesektors beschränkt, um eine erste Einschätzung über die Ausgestaltung der recyclinggerechten Produktkonzeption zu erlangen.

Aufgrund des begrenzten Untersuchungsumfanges ist es auch nicht möglich gewesen, Produktbeispiele sämtlicher im Markt befindlicher relevanter Hersteller zu untersuchen bzw. ausschließlich Neugeräte für die Untersuchung heranzuziehen.

Mit der Entwicklung des Kriterienkataloges und der Systematik zur Aus- und Bewertung von Produktbeispielen wurde die Basis gebildet, um darauf aufbauend den Untersuchungsrahmen sukzessive zu erweitern. Folgende weiterführende Untersuchungen können somit unmittelbar umgesetzt werden:

- Untersuchung weiterer Gerätearten (z. B. elektrische Zahnbürsten, Navigationsgeräte, MP3-Player): Abweichend von der bisherigen Umsetzung sollten hierbei ausschließlich aktuell im Markt befindliche Produktbeispiele untersucht werden.
- Ausweitung, Modifikation des Kriterienkataloges: Aufbauend auf dem vorliegenden Kriterienkatalog können Anforderungen und Kriterien, die bestimmte Bauteile respektive Materialien betreffen (z. B. Tantal in Kondensatoren, Indium in LCD-Bildschirmen) ergänzt und eingepflegt werden, um die Entnehmbarkeit, vorbereitend auf eine Aufkonzentration dieser Materialien für ein anschließendes stoffliches Recycling, zu bewerten und zu verbessern.

Parallel oder als alleinstehende Untersuchung kann ergänzend eine Analyse aktuell im Markt befindlicher Elektro(nik)geräte hinsichtlich des Akkumulatorverbaus erfolgen. Durch eine Analyse von Elektro(nik)geräten in bekannten Elektrogroß-

märkten kann mittels optischer Begutachtung der Einzelgeräte zunächst ohne erforderliche Demontage ermittelt werden, ob enthaltene Batterien und Akkumulatoren durch den Verbraucher einfach zu entnehmen und zu wechseln sind (manuell ohne Werkzeug oder mit Universalwerkzeug) oder dabei aufwendigere Arbeitsschritte erforderlich sind. Diese Untersuchung kann durch eine Auswertung und Gegenüberstellung der durch den Hersteller bereitgestellten Informationen und Anweisungen bzgl. der Entnahme von Batterien und Akkumulatoren ergänzt werden. Diese Daten werden den zugehörigen Gebrauchsanweisungen bzw. den im Internet bereitgestellten Informationen entnommen und hinsichtlich des inhaltlichen Gehaltes und der Methodik geclustert.

Hinsichtlich des Verbleibs von verwendeten Akkumulatoren und Batterien ist aus Sicht der Verwerter von Elektro(nik)altgeräte von Interesse, wie hoch der aktuelle Anteil der Elektro(nik)altgeräte ist, die mit Akkumulatoren respektive Batterien versehen sind. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Entnahme der Akkumulatoren respektive Batterien vom Endverbraucher lediglich versäumt wurde oder aufgrund des festen Verbaus nicht vorgenommen werden konnte und welcher Art die enthaltenen Akkumulatoren und Batterien sind. Die Ergebnisse einer solchen, als Sortieranalyse angelegten Untersuchung geben notwendige Informationen bzgl. der möglichen Brandgefahr in Sammelgemischen, angepassten Sicherheitsaspekten und Transportprozessen bzw. der ggf. erforderlichen Anpassung von Sammelgruppen.

Literaturverzeichnis

Amereller, N.: „Die Produktkonzeption nach § 4 Satz 2 ElektroG – Ein zahnloser Tiger?“, Internetartikel vom 4. März (2013)

verfügbar unter: www.it-recht-kanzlei.de/fest-verbaute-akkus.html

letzter Abruf: 20.06.2013

BMU/UBA: „Weiterentwicklung der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten am Beispiel von Elektro- und Elektronikgeräten (RePro)“, FKZ 3711 95 318, Ökopool GmbH (Projektleitung), Meilensteinbericht August (2012), 122 Seiten

verfügbar unter: www.oekopol.de/de/themen/ressourcen-und-kreislaufwirtschaft/repro/publikationen-repro

letzter Abruf 16.07.2013

Fraunhofer IZM: „Disassembly Analysis of Slates: Design for Repair and Recycling Evaluation“, Final Report, Version August (2013), 82 Seiten

verfügbar unter:

www.izm.fraunhofer.de/content/dam/izm/de/documents/News-Events/News/2013/urn_nbn_de_0011-n-255111-18-1.pdf

letzter Abruf 14.10.2013

Giesbert, L.; Hilf, J.: „Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten – Kommentar, Verlag C. H. Beck München (2009), 2. Auflage, 363 Seiten

Wölbart, C.: „Abschied vom Wechselakku“, in c't (2013) Heft 5, Seiten 70 und 71