



N³ Nachhaltigkeitsberatung
Dr. Friege & Partner



Leitfaden zur Wiederverwendung bzw. Verwertung von batteriebetriebenen Elektroaltgeräten und Batterien

Ergebnisse aus dem von der DBU fachlich und finanziell unterstützten Projekt „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft - Grundlagen und best practice-Ansätze“ (Nr. 32385), Stand März 2020

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



Prof. Dr. Henning Friege (N³ Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner) in Kooperation mit Akademie Dr. Obladen GmbH und BASIKNET Ges. für Arbeitsschutz mbH



Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft - Grundlagen und best practice-Ansätze“ (von der DBU gefördert) wurden Thesen für die Bewertung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft erarbeitet und entsprechende Indikatoren zusammengestellt. Beispielhaft wurden drei Wertschöpfungsketten aus der Abfallwirtschaft gemeinsam mit dort tätigen Unternehmen untersucht. Daraus entstanden Optionen für einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen und Vorschläge für die Änderung bestehender Geschäftsmodelle, die zur langfristigen Stabilität der Unternehmen beitragen.

Dieser Leitfaden behandelt die Wiederverwendung bzw. Verwertung batteriebetriebener Elektro- und Elektronikaltgeräte (im Folgenden abgekürzt als EEAG) sowie die Verwertung von Batterien. Beide Abfallströme schwellen rasch an, getrieben durch die enorme Verbreitung und kurzen Nutzungsdauern elektronischer Geräte sowie die mit der Einführung von Lithium-Ionen-Batterien zunehmende Zahl akkubetriebener Geräte. Batterien und EEAG enthalten zahlreiche Metalle (Batterien meist > 50 Gewichts-%). Die möglichst lange Nutzung und Rückgewinnung dieser nicht erneuerbaren Ressourcen ist für die mittel- und langfristige Versorgung mit Metallen, vor allem seltenen Rohstoffen wie Kobalt, von hoher Bedeutung.

Die bisherigen Sammelquoten für EEAG und Altbatterien sind angesichts ihres ökologischen und strategischen Werts beklagenswert gering. Zur Erhöhung der Sammelmengen wird eine Angleichung Weg der Verbraucher den Weg zu Rückgabestellen besser findet. Es bedarf weiterhin gesetzlich gesicherter solidarischer Rücknahmesysteme, die von allen Herstellern und Importeuren getragen werden. Die Zahl der Sammelstellen ist zu erhöhen. Die Einführung eines Batteriepfands (national möglich) würde die mit Li-Akkus verbundenen Sicherheitsprobleme minimieren und die Sammelquoten vermutlich über 90% heben.

Eine längere Nutzungsdauer und die Wiederverwendung lassen sich mit einem ökologischen Design (design for repair, design for recycling) voranbringen. Verbindlich kann dies nur auf der europäischen Ebene eingeführt werden. Die Wiederverwendung kann mit Hilfe von Daten verbessert werden. Der „digitale Schatten“ von Produkten, also mit dem Produktverkauf bzw. Produktverbleib verbundene Daten, kann mit weiteren Datenströmen z.B. aus Haushalten zusammengeführt werden, um intakte gebrauchte Geräte oder Reparaturdienste vermitteln zu können („Big Data“). Für die Unternehmen der Abfallwirtschaft stellt die Technik der Bilderkennung mit Hilfe von künstlicher Intelligenz eine Möglichkeit dar, brauchbare bzw. werthaltige Geräte aus den Anlieferungen auszusortieren. Um die Motivation der Verbraucher für die Rückgabe von EEAG zu erhöhen, sind örtliche Kooperationen zur Aufarbeitung von EEAG in Sozialwerkstätten o.dgl. hilfreich.

Nachhaltigeres Handeln ist zwar mit einigen technischen Fortschritten auch im derzeitigen Rechtsrahmen möglich, ändert aber nichts grundsätzlich. Daher sollten ausgehend von einem Unternehmer-Workshop die politischen Themen mit Priorität angefasst werden.

Da EEAG und Altbatterien für kriminelle Aktivitäten interessant sind, sollte ein Kodex für nachhaltiges Arbeiten in der Wertschöpfungskette entwickelt werden.



Nachhaltige Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft kann einen großen Beitrag zur Erreichung der Ziele der Agenda 2030, der Nachhaltigkeitsziele der UN (Sustainable Development Goals – SDG)¹ leisten. Alleine 64 Mio Menschen weltweit leben in einem 10 km-Umkreis der 50 größten und zumeist völlig ungesicherten Deponien („dump sites“); sie sind durch verseuchtes Grundwasser oder Ausgasungen gefährdet.² Der Anteil der Abfallwirtschaft an Treibhausgasemissionen liegt global bei 3-4%, zum größten Teil verursacht durch austretendes Methan aus Deponien und aus Müll, der auf den Straßen vergammelt. Der Siedlungsabfall von weit über 1 Mrd Menschen wird gar nicht erst abgefahren. Die UN hat in der Agenda 2030 Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement zu Recht eine wichtige Rolle eingeräumt:

- SDG 12.4: Bis 2020 einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung in Luft, Wasser und Boden erheblich verringern, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken
- SDG 12.5: Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern.
- SDG 12.2: Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen.
- SDG 12.3: Bis 2030 die weltweite Nahrungsmittelverschwendung pro Kopf auf Einzelhandels- und Verbraucherebene halbieren und die entlang der Produktions- und Lieferkette entstehenden Nahrungsmittelverluste einschließlich Nachernteverlusten verringern.
- SDG 8.4: Bis 2030 die weltweite Ressourceneffizienz in Konsum und Produktion Schritt für Schritt verbessern und die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung anstreben...

Wir deponieren in Deutschland seit 2005 keine organischen Abfälle mehr auf Deponien; die Methan-Emissionen sind demzufolge massiv zurückgegangen. Mit stofflicher und energetischer Verwertung von

¹ UN General Assembly: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (2015); <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>; <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

² ISWA: A Roadmap for Closing Waste Dumpsites, Wien (2016)



Abfällen liegen wir in Europa zusammen mit skandinavischen Ländern, Benelux, Österreich und der Schweiz in einer Spitzengruppe. Das heißt nicht, dass unsere abfallwirtschaftlichen Aufgaben erledigt sind: Wer viel konsumiert, macht auch viel Abfall. In dem Projekt „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft – Grundlagen und best practice-Ansätze“ haben wir uns mit drei Wertschöpfungsketten beschäftigt, nämlich

- Wiederverwendung und Verwertung von Alttextilien
- Elektroaltgeräte mit darin enthaltenen Batterien
- Abbruchabfälle und MVA-Schlacken

Die ökologischen Probleme bei der Produktion von Textilien wie von Elektro- und Elektronikgeräten und Batterien entstehen zu einem erheblichen Teil in Entwicklungs- und Schwellenländern, z.B. durch Gewinnung von Mineralien und Metallen, Herstellung von Elektronikschaltungen und Textilien ohne europäische Umweltstandards, hohen Wasser- und Energieverbrauch für die Herstellung von Textilfasern und Farbstoffen. Bei uns liegt dann zumindest die Verantwortung für einen vernünftigen Umgang mit diesen importierten Ressourcen. Bei Abbruchabfällen stoßen wir auf mineralische Rohstoffe, die wir zur Schonung unserer Landschaft, aus der wir Kies und Sand gewinnen, erneut einsetzen könnten, dies aber bisher selten tun. In der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung³ findet sich als Managementregel Nr. 7: „Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Verkehrsleistung müssen vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. Zugleich ist anzustreben, dass der wachstumsbedingte Anstieg der Nachfrage nach Energie, Ressourcen und Verkehrsleistungen durch Effizienzgewinne mehr als kompensiert wird.“ Für das Feld Ressourcenschonung wird der Indikator „Gesamtrohstoffproduktivität: (BIP + Importe)/Raw Material Input (RMI)“ verwendet. Ziel ist es, die Rohstoffproduktivität bis 2020 (ausgehend von 1994) zu verdoppeln und damit den bisher erkennbaren Trend der Entkopplung des Ressourcenverbrauchs vom Wirtschaftswachstum fortzusetzen. Ferner sind Indikatoren für Energieressourcen, den Anteil erneuerbarer Energien, Treibhausgas-Emissionen, Erhöhung der Zahl der Konsumprodukte, die mit „glaubwürdigen und anspruchsvollen Umwelt- und Sozialsiegeln ausgezeichnet“ sind, für das Ressourcen- und Abfall-Thema von Bedeutung. Es ist klar, dass diese in der Nachhaltigkeitsstrategie genannten wesentlichen Indikatoren die Zusammenhänge zwischen Rohstoffverbrauch, Konsum, Abfallmengen und Energie nur sehr allgemein beschreiben können.

Die für die drei Wertschöpfungsketten erstellten Leitfäden sind vorwiegend für Akteure der Abfallwirtschaft gedacht. Der Grund: Es gibt zwar viele Diskussionen darüber, was sich ändern sollte, damit wir Abfälle vermeiden oder besser verwerten können – aber die Unternehmen in der Branche wie auch die kommunalen Betriebe entscheiden nicht darüber, sondern der Abfallerzeuger. Und wir werden noch über Jahre und Jahrzehnte mit Abfällen zu tun haben, die als Produkte oder Gebäude ohne Rücksicht auf Verwertbarkeit bereits in die Technosphäre gestellt worden sind. Die Akteure in der Abfallwirtschaft können aber selber ihre Prozesse und Wertschöpfungsstufen wesentlich nachhaltiger gestalten als sie das heute tun.

³ Bundesregierung: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Neuaufgabe 2016)



Für die Abfallwirtschaft fehlt bisher ein spezifisches Leitbild der Nachhaltigkeit, auch wenn die umweltpolitischen Ziele in den EU-Richtlinien, v.a. der Waste Framework Directive (WFD), und dem deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) sowie zahlreichen weiteren Gesetzen klar beschrieben sind. Es fehlt dort aber eine klare Verbindung zwischen Ressourcen und Abfällen; die soziale und die ökonomische Dimension müssen neben der ökologischen Dimension abgebildet werden. Daher wurden im Projekt mehrere Thesen entwickelt und mit dem Projektbeirat abgestimmt; sie bilden einen Rahmen für das Denken und Handeln im Sinne nachhaltiger Entwicklung in der Abfallwirtschaft:⁴

These 1: Nur wenn Abfallwirtschaft ihre grundlegenden Aufgaben erfüllt, kann sie als nachhaltig bezeichnet werden. Diese Aufgaben bestehen im Schutz von Mensch und Umwelt durch Beseitigung von Abfällen mit Schadorganismen oder chemischen Schadstoffen bzw. deren Ablagerung in sicheren Senken sowie in der Bereitstellung von Ressourcen, also der Vorbereitung zur Wiederverwendung gebrauchter Produkte sowie ggf. von Modulen oder Teilen von Produkten und der Gewinnung von Sekundärrohstoffen oder Energie aus Abfällen.

Recycling, bei dem die Umwelt geschädigt wird, oder die Wiederverwendung von Produkten, die gefährlich sind, stehen im Widerspruch zur „schadlosen Verwertung“ im Sinne von § 7 Abs. 3 KrWG.

These 2: Prioritäten für die aus Abfällen zu gewinnenden Ressourcen sind aus den Regeln nachhaltigen Stoffstrommanagements abzuleiten. Prioritäre Ressourcen (in absteigender Reihenfolge) sind

- 1. Mineralien und Metalle, a) bei denen die Versorgung oder Gewinnung als kritisch eingeschätzt wird, b) die einen hohen kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) bzw. kumulierten Energieaufwand (KEA) aufweisen, c) NE-Metalle generell, Phosphat,...*
- 2. Eisenmetalle*
- 3. Organische Stoffe mit hohem kumulierten Energieaufwand*
- 4. Einfache organische Vorstufen für die chemische Produktion*
- 5. Heimische mineralische Rohstoffe mit hoher Verfügbarkeit*
- 6. Nachwachsende Rohstoffe (Biomasse)*

Nicht alles, was verwertet wird, lohnt sich im Sinne eines ganzheitlichen Blicks auf Energie- und Ressourcenaufwand. Daher gilt es, die Abfallfraktionen mit Priorität anzugehen, die besonders wertvolle oder seltene Ressourcen enthalten. KRA, KEA, die Emission von Treibhausgasen und weitere Indikatoren (siehe auch These 4) werden benötigt, um mehr oder weniger nachhaltige Prozesse in der Abfallwirtschaft zu identifizieren.

⁴ Ausführliche Herleitung bei H. Frieger: Wertschöpfungsketten in einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. Teil I: Was ist nachhaltige Abfallwirtschaft? Müll und Abfall 50 (10), 516-525 (2018)

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



These 3: Nachhaltige Abfallwirtschaft als Beitrag von Unternehmen muss im Kontext bestehender bzw. sich entwickelnder technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen realisiert werden. Die wichtigsten Einflüsse ergeben sich durch den Abfall selbst, d.h. seine Zusammensetzung aus gebrauchten, verschmutzten und meist nicht mehr funktionsfähigen Produkten. Die Akteure der Abfallwirtschaft haben heute rechtlich (noch) keinen Einfluss auf die Gestaltung der Produkte etwa im Sinne eines „designs for recycling“. Sie können aber im Dialog mit Akteuren rückwärts in der Wertschöpfungskette Änderungen im Produktdesign anstoßen, die zu einer besseren Verwertbarkeit nach Gebrauch beitragen.

Auch eine noch so nachhaltige Abfallwirtschaft ist nicht in der Lage, das Problem von Verschwendung durch Konsum zu lösen. Akteure der Abfallwirtschaft müssen mit dem Material arbeiten, was sie bekommen – sollten aber dafür eintreten, dass gebrauchte Produkte in Zukunft wesentlich besser verwertet werden können.

These 4: Indikatoren für nachhaltige Abfallwirtschaft müssen sich am Erfolg der Ressourcenschonung orientieren. Sie müssen zielgenau, repräsentativ und gut ermittelbar sein. Allgemeine Vorgaben wie die SDG's oder die deutschen Nachhaltigkeitsziele können die Richtung vorgeben.

In der Tab. 1 sind Indikatoren aufgeführt, die für eine Prüfung auf nachhaltiges Vorgehen in der Abfallwirtschaft geeignet sind, und die – meist qualitativ in Form von Indikationen – für die Prüfung von Verbesserungen in den drei Wertschöpfungsketten im Projekt eingesetzt wurden.

Allgemein	Strategisch	Ökologisch	Sozial	Ökonomisch
Substitutions-Quotient für einzelne Rohstoffe	Art d. Sekundärrohstoffs	KEA/KRA im Vergleich Sek./Primärressource	Keine primären „conflict minerals“	Qualität des Sekundärrohstoffs
Gesamt-Rohstoffproduktivität		Netto-Emission an THG i. Vergleich Sek.- / Primärressource	Arbeitsplätze in der Sek.- Rohstoff-Branche	Betriebswirtschaftlich sinnvoller Prozess



Kaskadennutzung von Produkten bzw. Materialien		Ausschleusung v. Gefahrstoffen	Ausbildung und Verfügbarkeit v. Fachkräften	
		Verlust an Biodiversität durch Gewinnung d. Primärressource		

Tab. 1: Vorschläge für Indikationen bzw. Indikatoren für eine nachhaltige Abfallwirtschaft



Wiederverwendung / Verwertung von batteriebetriebenen Elektroaltgeräten

Dieser Leitfaden behandelt die Wiederverwendung bzw. Verwertung batteriebetriebener Elektro- und Elektronikaltgeräte (im Folgenden abgekürzt als EEAG) sowie die Verwertung von Batterien. Die Menge dieser Geräte und ihr Anteil am Markt der Elektro- und Elektronikgeräte stiegen in den vergangenen 15 Jahren enorm an, und ein Ende dieses Booms ist nicht absehbar. Damit nimmt auch die Zahl entsprechender Akkus zu. Die Treiber sind auf der Nachfrageseite

- eine zunehmende Zahl an Geräten für mobile Kommunikation,
- die Entwicklung der E-Mobilität (Autos, Pedelecs, E-Fahrräder,...),
- die Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien für zu deckende Lücken in der „Schattenflaute“.

Auf der Angebotsseite sind

- die Bereitstellung von Batterien mit hoher Ladungsdichte (NiMH- und Li-Ionen-Akkus),
- und die Miniaturisierung vieler elektronischer Bauteile

zu nennen. Im Folgenden geht es vorwiegend um Gerätebatterien bzw. die damit betriebenen Elektro(nik)geräte. Die Statistik des europäischen Batteriemarkts zeigt, dass vor allem Li-Ionen-Akkus zunehmend eingesetzt werden (Abb. 1) und damit auch die Zahl der vermarkteten Geräte massiv ansteigt: IT- und TK-Geräte, elektrische Werkzeuge, Haushaltsgeräte (z.B. Roboter-Staubsauger), Kinderspielzeug, Bekleidung mit Funktionen. Hinzu kommen mehr – in der Regel kleine – Stütz- und Pufferbatterien zur Unterstützung des „Gedächtnisses“ von elektronischen Schaltungen.

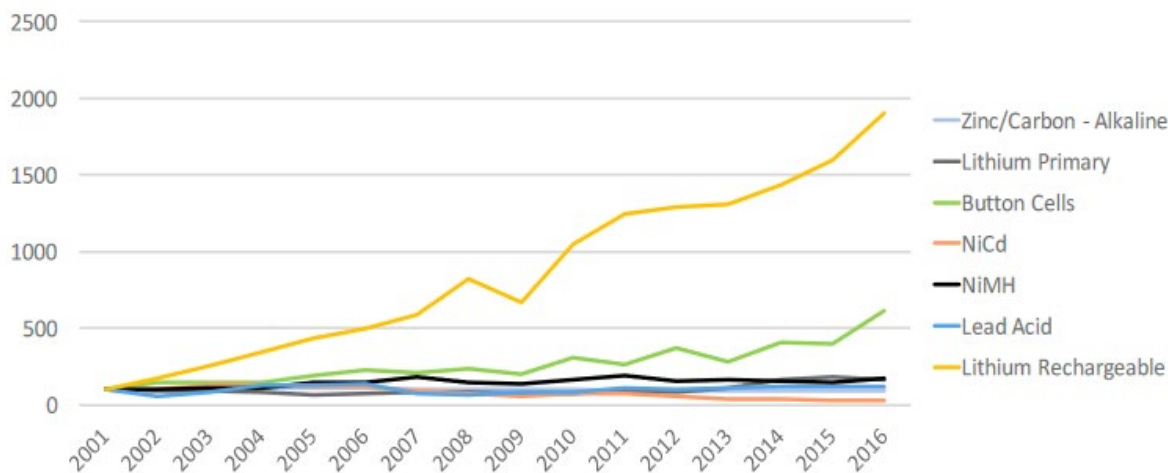


Abb. 1: Entwicklung der Zahl in Verkehr gebrachter Batterien (EUROBAT 2017)



Batteriebetriebene Elektro(nik)geräte stellen keine eigene Sammelkategorie dar; die Altbatterie einerseits und das Elektroaltgerät andererseits unterliegen zwei verschiedenen Gesetzen. Daher greift der Leitfaden immer wieder auf die entsprechenden Prozesse und Regelungen für Altbatterien wie auch EEAG zurück.

Batterien und EEAG enthalten zahlreiche Metalle; bei Batterien liegt der Anteil an Metallen häufig deutlich über 50 Gewichts-%. Die möglichst lange Nutzung und Rückgewinnung dieser nicht erneuerbaren Ressourcen ist für die mittel- und langfristige Versorgung der europäischen Volkswirtschaften mit Metallen, vor allem den „kritischen Rohstoffen“, von hoher Bedeutung. So ist Kobalt (Co), zusammen mit Lithium (Li) Bestandteil der Traktionsbatterien für E-Autos, E-Fahrräder usw., die Achillesferse der E-Mobilität: Ein großer Teil der Minen liegt in den Bürgerkriegsgebieten des Kongo; der Preis liegt bei ca. 90.000 US-\$/Tonne. Die einschlägigen Regelungen,

- EU-Batterie-Richtlinie bzw. das deutsche Batteriewertungsgesetz (BattG)
- EU-Elektroaltgeräte-Richtlinie bzw. das deutsche Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)

verpflichten die Hersteller und Importeure solcher Produkte deshalb dazu, ihre auf den Markt gebrachten Geräte bzw. Batterien registrieren zu lassen und diese nach Gebrauch wieder zurückzunehmen, aufzubereiten und bestimmte Recyclingziele zu erreichen („extended producer responsibility“).

Die folgende Graphik (Abb. 2) beschreibt die Stoffströme für Batterien bzw. batteriebetriebene EEAG von der Abgabe durch den Letztbenutzer, also rechtlich gesehen dem Abfallerzeuger. Die Recyclingprozesse für die Metalle aus den Batterien sind weiter unten im Abschnitt Recycling von Batterien... beschrieben.

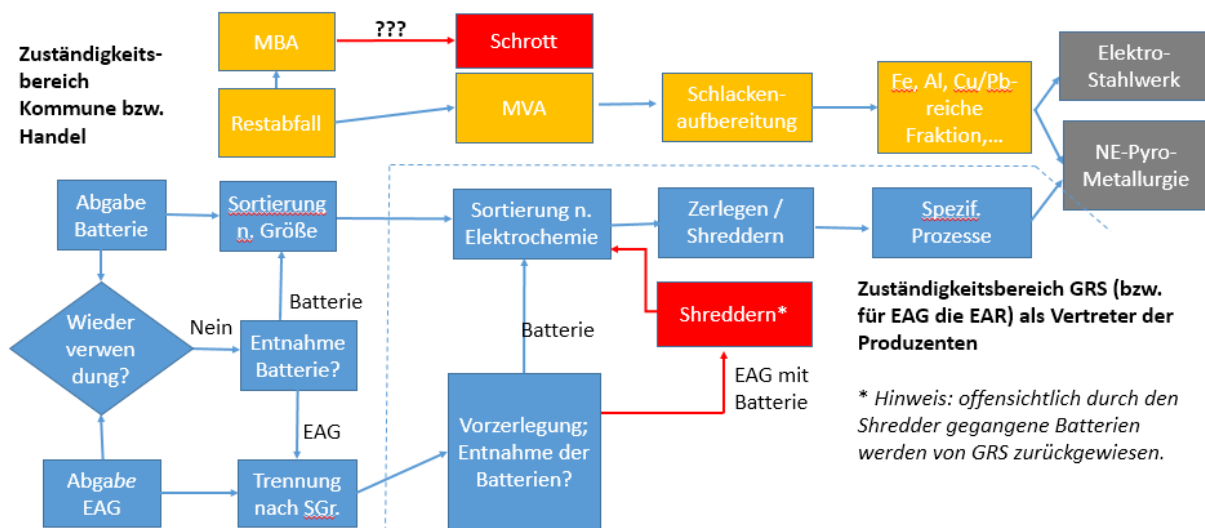


Abb. 2: Stoffstrom Altbatterien (auch aus Elektroaltgeräten); die blauen Kästchen zeigen den Weg der Altbatterien nach getrennter Sammlung, die gelben Kästchen den Weg mit dem Restabfall, die roten Kästchen gefährliche Wege



Ökonomie und Ökologie in der Wertschöpfungskette

Zahlreiche der in Elektronikgeräten und Batterien verwendeten Metalle haben einen sehr großen „ökologischen Fußabdruck“. Auch wenn die Mengen im einzelnen Produkt relativ gering sind, so ist die Gesamtmenge der Metalle in den im Umlauf befindlichen Elektro- und Elektronikgeräten und Batterien gewaltig: Für diese Bereiche werden über 80% der weltweiten Produktionsmengen an Indium, über 50% der Produktion an Antimon und jeweils über 20% der Produktion an Kupfer, Kobalt und Silber sowie etwa 10% der Gold-Produktion (jeweils bezogen auf Minenproduktion) „verbraucht“. Bei der Primärgewinnung von Metallen über Bergbau und Verhüttung müssen große Mengen an Gestein bewegt werden. Der kumulierte Ressourcenaufwand für 1 t Aluminium liegt bei 10,5 t, für 1 t Kupfer bei 128 t. Der kumulierte Energieverbrauch für die Herstellung von 1 t Aluminium ist mit ca. 140.000 MJ anzusetzen, entsprechend für 1 t Kupfer mit ca. 50.000 MJ. Die Sekundärproduktion aus der Sammlung von EEAG und Altbatterien verbraucht nur geringe Ressourcen und weitaus weniger Energie, bei Aluminium geht man von einem Faktor elf gegenüber dem Primärmetall aus.⁵ Aus Sicht von Ressourcenmanagement und Ökologie ist es daher sinnvoll, so viele Geräte wiederzuverwenden wie möglich, die Sammlung von Altbatterien und EEAG zu maximieren und so viele Metalle wie möglich zu verwerten! Da beide Produktgruppen auch gefährliche Stoffe enthalten, müssen bei der Sammlung Gefahren möglichst ausgeschlossen werden. Bei der Erstbehandlung sind durch Zerlegung der EEAG gefährliche Stoffe bzw. Bauteile abzutrennen. Zu letzteren gehören auch die Batterien, die unbedingt vor dem Shreddern entfernt werden müssen, um Kurzschlüsse zu verhindern.

Die Aufbereitung von EEAG und Altbatterien ist eine arbeits- und kapitalintensive Tätigkeit, die nur in industriellen Anlagen unter Vermeidung von Umweltschäden ökonomisch sinnvoll gestaltet werden kann. Je nach Aufwand bei der Zerlegung und der Menge der zu beseitigenden Schadstoffe einerseits und dem jeweiligen Zeitwert, der Menge und der Qualität gewinnbarer Rohstoffe andererseits wird für Altgeräte bzw. Altbatterien auf dem Markt noch ein Preis geboten oder eine Zuzahlung erwartet. Zahlreiche Gemeinden „optieren“ bei positiven Preisen für einzelne EEAG-Sammelgruppen und vermarkten diese zugunsten ihres Gebührenhaushalts. Der Hintergrund für diese Möglichkeit ist die (nur) in Deutschland bei der Umsetzung der europäischen WEEE-Richtlinie etablierte „geteilte Verantwortung“, bei der die Organisation und Finanzierung der Sammlung auch bei den Gemeinden liegt und alle nachfolgenden Massnahmen in der Verantwortung der Herstellern bzw. Inverkehrbringer (erkennbar in der blauen gestrichelten Linie in Abb. 2). Eine Folge von zunehmenden Optierungen lukrativer Sammelgruppen durch die Gemeinden u.a. aufgrund steigender Rohstoffpreise kann sein, dass dann die mit der Aufbereitung von EEAG befassten Betriebe keine sichere Basis für ihre Kalkulation haben.

⁵ In einer im Auftrag der bonnorange AöR durchgeführten Studie über das „urban mining“ von Metallen in Bonn finden sich Daten zu den Energie- und Treibhausgas-Einsparungen bei Optimierung der Erfassung u.a. von EEAG und Altbatterien: K. Hülter u.a.: Ressourcenstrategie Bundesstadt Bonn. Welchen Beitrag können die Kommunen leisten? Müll und Abfall 51 (7), 324-331 (2019)



Die Erwartung eines Verkaufserlöses für bestimmte EEAG führt außerdem zum illegalen Abgriff vor oder während der kommunalen Sammlung durch den informellen Sektor bis hin zu Einbrüchen auf kommunalen Wertstoffhöfen, bei denen z.T. auch ganze Container gestohlen werden. Und der weitere Weg dieser Altgeräte führt dann häufig illegal u.a. nach Osteuropa, Westafrika oder Südostasien. Im günstigsten Fall werden sie dort weitergenutzt (siehe dazu Abschnitt Wiederverwendung...) oder dienen als Ersatzteilquellen. Häufig landen diese Altgeräte oder deren nicht nutzbare Komponenten aber auch bei „Hinterhof-Schrottaufbereitern“, wo nur die wertvollsten Materialien – häufig in ineffizienter Form und unter ökologisch und/oder gesundheitlich bedenklichen Rahmenbedingungen – gewonnen werden und alles andere als gefährlicher Abfall in der Umgebung landet.⁶

Neben den kollektiven Rücknahme-Systemen können Hersteller eigene Systeme aufbauen. Wenn diese gleiche Pflichten wie die kollektiven Systeme und damit ähnliche Kostenstrukturen aufweisen, ist dagegen nichts einzuwenden. Allerdings haben sich private Systeme für die Rücknahme einiger weniger Batteriearten etabliert, die ausschließlich auf Abgabestellen mit hohen Mengen zurückgreifen und damit wesentlich günstigere Kosten als das bisherige kollektive System der GRS haben. Große Handelsketten lizenzierten, um Geld zu sparen, bei den herstellereigenen Rücknahmesystemen, lassen aber die Entsorgung der zahlreichen Abgabestellen weiterhin über die GRS laufen. GRS musste daher die Entgelte für die verbleibenden Hersteller und Importeure erhöhen und bisherige Leistungen z.B. für die kommunalen Wertstoffhöfe abbauen.⁷

Die Rechtslage bei der Rücknahme bzw. Rückgabe von EEAG bzw. Batterien ist aus Sicht des Verbrauchers nicht einheitlich: EEAG müssen von Kommunen oder deren Beauftragten, dem stationären Handel wie auch dem Internet-Handel zurückgenommen werden; beim Handel gilt dies eingeschränkt ab einer Verkaufsfläche von 400 m². Andere Akteure, z.B. der mobile Schrotthandel, dürfen EEAG und Altbatterien nicht sammeln oder behandeln. Die Annahmestellen sortieren die Altgeräte nach den Kategorien des ElektroG; für alles Weitere zeichnet anstelle der Hersteller die Stiftung ear (Elektroaltgeräte-Register) verantwortlich, bei der Hersteller und Importeure ihre Geräte registrieren und für die Entsorgung in der Höhe ihres Marktanteils bezahlen müssen, Kommunen sind dagegen nicht zur Rücknahme von Batterien verpflichtet, wohl aber zur Rücknahme von batteriegetriebenen EEAG. (De facto nehmen kommunale Wertstoffhöfe durchgängig Gerätebatterien zurück.) Wo welche Batterien zurückgenommen werden, ergibt sich aus Tab. 2. Eine einheitliche Systematik

⁶ Die European Electronics Recyclers Association (EERA) stellt auf Basis einer Studie der United Nations University fest, dass die Sammlung und Behandlung von nur 20% des E-Schrotts weltweit dokumentiert wird, in Europa seien es auch gerade einmal 35%. „Non-compliant operators who failed to report their activities could save up to 20% of operational costs while up to 50% of such costs is avoided by illegal practices around treatment and disposal... The study finds that the scavenging of valuable parts, such as motors, compressors, hard disks, cables and printed circuit boards, before they reaching compliant recyclers results in a yearly loss for the industry of EUR 170 million.“ Langfassung: F. Magalini, J. Huisman: WEEE recycling economics. The shortcomings of the current business model. UNU/EERA 2018

⁷ GRS hat Anfang 2020 seine Zulassung als kollektives Rücknahmesystem gem. § 6 BattG zurückgegeben und eine Zulassung als herstellereigenes Rücknahmesystem gem. § 7 BattG erworben.

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de





beider Gesetze wäre für Verbraucher, Produzenten und natürlich auch für die Sammelquote ein großer Gewinn.

	<u>Elektro- altgerät</u>	Geräte- batterie	Fahrzeug- batterie	Industrie- batterie
<u>Fachhandel Elektro- und Elektro- nikbedarf, Kfz-Ersatzteile etc.</u>	Ja	Ja	-	(Ja)
Non-Food Handel (z.B. Drogeriemärkte)	(Ja)	Ja	Nein	Nein
Fahrradhändler*	Nein	Ja	Nein	Ja
Internethandel für Elektro- und Elektronikgeräte	Ja	(Ja)	(Ja)	(Ja)
Tankstellen, Kfz.-Fachhandel	Nein	Ja	Ja	(Ja)
Kommunale Annahmestellen	Ja	Ja	(Ja)	(Nein)

Tab. 2: Abgabe von Altbatterien (* Fahrradakkus sind nach deutschem Recht als Industriebatterien eingestuft)

Der Aufwand bei der Zerlegung der Produkte und der Rückgewinnung von Metallen steht dem jeweiligen Verkaufserlös gegenüber. Die Entwicklung bei den Aufbereitungsanlagen konzentriert sich daher auf effizientere und damit kostengünstigere Prozesse sowie die Optimierung der Absteuerung von Nebenprodukten wie Plastikmaterialien.

Gefahren bei Sammlung, Lagerung und Transport: Explodierende Akkus

Altbatterien, die toxische Schwermetalle wie Cadmium (Ni/Cd-Akkus) oder hohe Säurekonzentrationen (Blei-Akkus) enthalten, werden als gefährliche Abfälle eingestuft. Dies trifft für Li Ionen-Akkus nicht zu – für sie gelten aber beim Lagerung, Transport und Aufbereitung weitgehende Restriktionen. Denn Hochenergie-Batterien mit Lithium oder Natrium als Anodenmaterial können wegen der Reaktion dieser Elemente mit Wasser nur mit organischen Elektrolyten betrieben werden und sind daher brennbar. Im Fall einer Beschädigung kommt es bei Li Ionen-Akkus zum Kurzschluss, der auch bei einer teilweise entladenen Batterie zum Brand des verwendeten Elektrolyten führen kann. Unfälle mit Li-Batterien können gravierende Folgen für Menschenleben und Anlagen haben. Eine brennende Batterie in einer dichten Packung mit weiteren Akkus (Power Packs, Batteriemodule von Fahrzeugen) führt durch die Hitzeentwicklung zu einer Kettenreaktion.

Die sich häufenden Brände in Aufbereitungsanlagen für EEAG werden auf solche Ursachen zurückgeführt. Deshalb sind z.B. bei den Annahmestellen die Batteriepole vor dem Verpacken abzukleben und Kisten mit Altbatterien vor Versand mit nicht brennbarem Material aufzufüllen. Die Transportprobleme treffen auch für Elektrogeräte mit eingebauten Li Ionen-Akkus zu. Beschädigte Li-Batterien von über 500 g Gewicht dürfen nur



in BAM-zugelassenen Spezialbehältern transportiert werden. Um Sammlung, Lagerung und Transport trotz der rechtlich komplizierten Situation für die Abgabestellen handhabbar zu machen, hat die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall eine entsprechende Handreichung veröffentlicht.⁸ Dennoch wurde von unseren Projektpartnern über Transporte von EEAG und Altbatterien durch Firmen, die keine Zulassung für Gefahrstofftransporte haben, berichtet. Dies kann nur durch einen konsequenten Vollzug unterbunden werden. Wie gefährlich die Batterien sind, zeigt z.B. die Explosion einer Pedelec-Batterie in einer Fahrradwerkstatt in Hannover, die zu einem Großbrand mit 0,5 Mio € Sachschaden führte.

Mittlerweile steht der Vorschlag des BDE im Raum, zumindest die brennbaren Batterien bzw. EAG mit solchen integrierten Batterien zu bepfanden, um einen geordneten Rücklauf zu erreichen⁹, was u.a. von dem umweltpolitischen Sprecher der SPD-Bundestagsfraktion, M. Thews, unterstützt wird.

Optimierung der Sammlung von Altbatterien und Elektro(nik)altgeräten

Für die Sammlung von EEAG und Altbatterien sind europaweit gültige Ziele vorgegeben:

- Für Altbatterien gilt ein Sammelziel von 45% bezogen auf die Masse der Batterien, die im Durchschnitt des betreffenden und der beiden vorangegangenen Kalenderjahre in Verkehr gebracht wurden. Die Gesamtquote lag 2017 bei 45,1%. Obwohl sich die Sammelmenge um 513 t auf 21.037 t erhöhte, stieg parallel dazu stieg die in Verkehr gebrachte Masse der Gerätebatterien um 5.132 t, so dass die Sammelquote tendenziell sinkt.
- Für EEAG ist (ab 2018) ein Sammelziel von 65% vorgegeben, wobei sich dies auf die Masse der in drei vorhergehenden Kalenderjahren im Durchschnitt in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte bezieht. In Deutschland wurden 2017 45,08 % erreicht. Es ist davon auszugehen, dass das 65%-Ziel 2018 verfehlt wurde und unter den jetzigen Rahmenbedingungen (s.u.) auch nicht kurzfristig zu erreichen ist.

Die Mengenentwicklung für Elektro- und Elektronikgeräte lässt sich aus Abb. 3 entnehmen.¹⁰ Für die nach wie vor zu niedrigen Erfassungsmengen bei Altbatterien und EEAG gibt es zahlreiche Ursachen, die zum einen durch statistische Fehler, zum anderen aber durch das in Deutschland – freundlich gesagt – suboptimale System der „geteilten Verantwortung“ von Herstellern und Kommunen für Sammlung und Verwertung sowie illegale Aktivitäten bedingt sind. Bereits genannt wurden der Verkauf von funktionierenden Geräten vor allem ins EU-Ausland wie auch der illegale Export nicht mehr funktionierender Geräte. Die entsprechenden Mengen wurden bei früheren Untersuchungen auf etwa 1/3 der gesamten in Deutschland anfallenden Altgeräte

⁸ LAGA-Mitteilungen M 31A und M 31B (<https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Mitteilungen.html>)

⁹ <https://www.recyclingmagazin.de/2019/08/19/bde-fordert-pfandpflicht-fuer-batterien/>

¹⁰ <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/elektro-und-elektronikaltgeraete>



geschätzt. Ein weiteres Problem bei der Ermittlung der Quoten sind die Bezugsgrößen: Vor allem bei Batterien ist die Nutzungsdauer wesentlich höher als 2-3 Jahre. Als Beispiel lassen sich die heute für den privaten Konsum nicht mehr zulässigen Ni/Cd-Akkus nennen, deren Lebensdauer in Elektrogeräten bei 7 Jahren liegt. Obwohl Ni/Cd-Akkus in der EU-27 seit 2007 kaum noch als Gerätebatterien verkauft werden auch heute noch EEAG mit darin enthaltenen Ni/Cd-Akkus wie auch einzelne Batterien dieses Typs abgegeben; daraus lässt sich eine Sammelquote nach EU-Vorgaben von knapp 300% errechnen.¹¹ Bei den Li Ionen-Sekundärzellen ist von einer Gebrauchsdauer von 6-7 Jahren auszugehen. Der Anteil dieser Akkus an der Zahl der vermarkteten Batterien lag 2007 bei 29,9%; bei der Rücknahme waren es nur 12,8%.¹² Wegen der längeren Nutzungsdauer von Geräten und Batterien können also bei steigendem Konsum die Quoten ebenfalls nicht ohne weiteres erreicht werden.

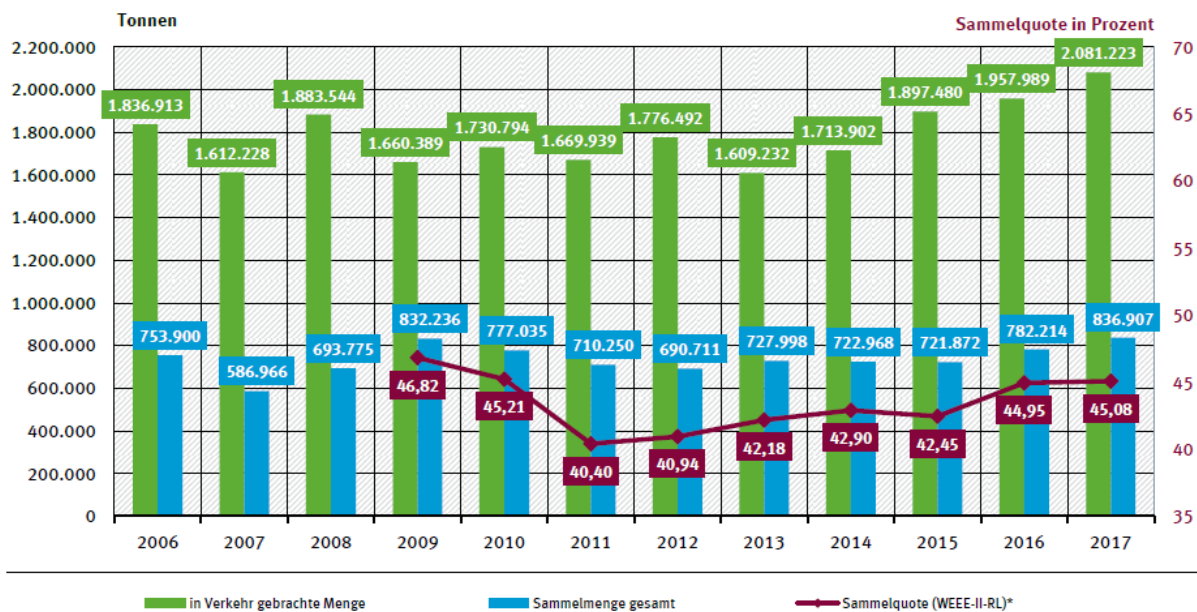


Abb. 3: In Verkehr gebrachte Mengen, Sammelmengen und -quoten bei Elektroaltgeräten (Quelle: BMUNR)

Die Rückgabekanäle von EEAG und Altbatterien sind zwar ähnlich; in der Mengenaufteilung gibt es jedoch Unterschiede: Lt. GRS-Statistik wurden 2017 49,6% der Altbatterien über den Handel, 26,7% über die Kommunen und 23,7% aus Industrie und Gewerbe gesammelt. (Angaben bezogen auf Masse). Die ear veröffentlicht keine entsprechenden Daten; es ist aber bekannt, dass EEAG weitgehend über Kommunen gesammelt werden. In den einzelnen Gemeinden richtet sich der Abgabeweg ganz erheblich nach dem

¹¹ H. Friege u.a.: Managing Cd Containing Waste — Caught by the Past, the Circular Economy Needs New Answers. Recycling 2018, 3, 18; doi:10.3390/recycling3020018

¹² GRS-Erfolgskontrolle 2017, Hamburg 2018 (http://www.grs-batterien.de/fileadmin/user_upload/Download/Wissenswertes/Infomaterial_2018/GRS_Erfolgskontrolle2017W eb.pdf)



jeweiligen Angebot. Eine große Rolle spielen die Wertstoffhöfe. In Dänemark sammeln ausschließlich die Gemeinden EEAG; dort lässt sich eine klare Korrelation zwischen der Dichte der Wertstoffhöfe und der abgegebenen Menge an EEAG feststellen (Abb. 4)¹³.

Ein wichtiger Sammelkanal für EEAG ist die Straßensammlung von mittleren bis großen Geräten meist mit einem Sonderfahrzeug. Hier kommt es häufig zur „Beraubung“ der Geräte, so werden etwa Kupferkabel oder sonstige Kupferteile abgeschnitten, was bei Kühlschränken zur Freisetzung der Kältemittel führt. Große EEAG, vor allem Weiße Ware, sollten daher am Haushalt nach Anmeldung abgeholt werden, um den Zugriff informeller Sammler zu erschweren.

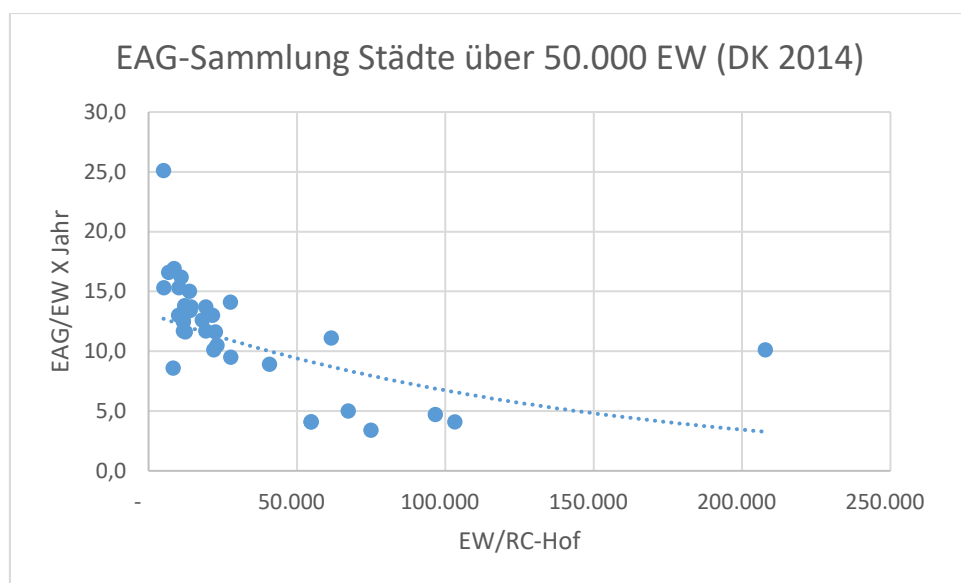


Abb. 4: Sammelmenge an Elektro- und Elektronikaltgeräten in Dänemark als Funktion der Dichte der Wertstoffhöfe

Für kleine EEAG wie auch Altbatterien können Behälter mit einer Ablageöffnung benutzt werden. Damit die Altprodukte nicht von Dritten „abgegriffen“ werden, eignen sich solche Systeme nur für kontrollierte Bereiche wie Behörden, Kindergärten oder die Info-Schalter von Baumärkten (Beispiel: „rote Tonnen“ in Bonn). Wegen der Brennbarkeit von Li-Batterien ist bei den Behältern darauf zu achten, dass die Geräte in den Behältern nicht zerstört werden. Daher können für diese Art der Sammlung keine größeren Container (Fallhöhe!) eingesetzt werden. Es bleibt abzuwarten, wie Tests im stationären Handel mit Handy-Boxen verlaufen.¹⁴

Der stationäre wie der online-Handel sind zur Rücknahme von Altbatterien und EEAG verpflichtet, sofern dort entsprechende Produkte verkauft werden. Allerdings wird wohl des öfteren die Annahme von EEAG oft

¹³ Eigene Auswertung basierend auf DPA System: WEEE, BAT, and ELV statistics 2014 (Copenhagen 2014)

¹⁴ „Sell and Go“-Pilotprojekt von Saturn: „Saturn testet Rücknahme von Smartphones“, 320°, 30.1.2019



entgegen den Vorschriften von ElektroG und BattG verweigert.¹⁵ Ordnungsbehörden bzw. Abfallbehörden sollten daher die Wahrnehmung der Pflichten durch den Handel durchsetzen. Online-Händler versuchen meist, die Rücknahme durch den Hinweis zu erschweren, die Verbraucher sollten ihre Altgeräte per Paket zusenden.

Ein interessantes Geschäftsmodell für die Sammlung kleiner EEAG wurde von dem start-up Binee entwickelt: Kunden in Einkaufszentren entsorgen EEAG über Rücknahmeautomaten, die Wertgutscheine für den Einkauf in Läden des Zentrums ausgeben. Die Automaten werden als Werbeträger für eben diese Geschäfte genutzt, ein auch schon aus den Niederlanden bekanntes Modell. Die Binee-Webseite ist allerdings nicht mehr online; möglicherweise hat sich diese Sammelmethode auf Dauer nicht gerechnet. Erschwerend wirken im Übrigen die Restriktionen für die Nutzung von Boxen bzw. kleinen Containern (s.o.) für EEAG mit integrierten Akkus.

Zur für die ordnungsgemäßen Rückgabe von EEAG gibt es im Wesentlichen nur regionale, von den zuständigen Entsorgungsträgern teilweise sehr unterschiedlich ausgestaltete Verbraucherinformationen. Das Gemeinsame Rücknahmesystem Batterien betreibt dagegen seit Jahren sehr erfolgreich eine flächendeckende, zentral gesteuerte, ergebnis- und zielgruppenorientierte Verbraucher-

„Zur Optimierung der Sammelmengen brauchen wir eine verbrauchergerechte Struktur der Annahmestellen für Altbatterien und Elektroaltgeräte und eine auf Zielgruppen orientierte Kommunikation, die den Verbraucher zu diesen Sammelstellen führt.“ Georgios Chryssos, Vorstand der Stiftung gemeinsames Rücknahmesystem Batterien und Geschäftsführer der Gemeinsames Rücknahmesystem Servicegesellschaft mbH (Hamburg)

und Stakeholderkommunikation, die von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern als regionaler Absender für den Verbraucher genutzt wird.

Ein weiteres positives Beispiel bietet auch Österreich. Auch hier wird eine zentral entwickelte Verbraucherkommunikation von den regional zuständigen Entsorgungsträgern effizient eingesetzt. Zentrale Kommunikationskampagnen, die ohne Einbindung der regionalen Entsorgungsträger durchgeführt werden (Belgien, Schweiz), können ebenfalls positiv wirken, hier dürfte allerdings der Aufwand insgesamt höher sein. Wenn die Rückgabe von EEAG und Altbatterien über entsprechende Information vereinfacht wird, gibt es auch höhere Sammelmengen. Die Information kann – wie etwa in der Schweiz – über eine App laufen. Abfallwirtschafts-Apps gibt es vielfach bei großen kommunalen Entsorgern, die damit ihren Kunden den Weg zum Recyclinghof etc. erleichtern und ihre Call-Center entlasten. Das von der DBU unterstützte Projekt www.elektrog.de ist ein Informationsportal zu Elektroaltgeräten, bei dem der Betreiber sicher auch einen Werbeeffect mit verbindet. Apps in der Abfallwirtschaft, die ausschließlich mit Werbung finanziert werden,

¹⁵ DUH: Rücknahme von Elektro- und Elektronikgeräten (2019)

https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kreislaufwirtschaft/Elektroger%C3%A4te/190723_DUH_EAG-R%C3%BCcknahmetests_Auswertung.pdf



können etablierte Recyclingstrukturen erheblich stören. Daher müsste eine solche bundesweit funktionierende App von den Inverkehrbringern von Elektrogeräten und Batterien bzw. deren Organisationen (ear, GRS) eingeführt werden. Ein großes, neues Problem für die Annahmestellen und erst recht für die Information der Verbraucher stellt die Ausdehnung der Rücknahmepflichten auf alle Produkte dar, die elektrisch betrieben werden, auch wenn es sich nicht um Elektrogeräte handelt („open scope“), z.B. Schrankwände mit eingebauten Leuchten, Polstermöbel mit integrierten Elektroantrieben. Was gehört nun wohin?

Die Motivation von Verbrauchern zur Rückgabe von gebrauchten Produkten ist schwierig. Erfahrungsgemäß lassen sich Bürger durch soziale Projekte auf lokaler Ebene gut ansprechen. Eine Kooperation zwischen Gemeinde und Sozialbetrieben, die gebrauchte, u.a. batteriebetriebene Elektrogeräte prüfen, ggf. reparieren und wieder in Verkehr bringen oder Altgeräte zerlegen, bringt soziale und ökologische Motivation zusammen (siehe dazu Abschnitt Wiederverwendung...)

Was lässt sich nun zur Optimierung der Sammlung kurz- bis mittelfristig tun?

- Erhöhung der Zahl kommunaler Sammelstellen
- Einführung weiterer Sammelsysteme für kleine Elektroaltgeräte in kontrollierten Bereichen
- Einführung einer App für Rückgabepunkte für Altbatterien und EEAG für ganz Deutschland
- Kooperation zwischen Gemeinde und Sozialbetrieben v.a. zur Reparatur gebrauchter Elektrogeräte
- Kontrolle und Durchsetzung der Rücknahmepflichten des Handels
- Erfassung von großen EEAG über Abholung am Haushalt
- Vollzug der Export-Kontrollen bei Altgeräten (Zoll)

Dringend notwendig ist die Herstellung von Transparenz über die regionalen Sammelergebnisse mit Angabe des jeweiligen Sammelkanals (Wertstoffhof, Handel etc.), um an den best practice-Beispielen zu lernen. Dies kann durch Kooperation von ear bzw. GRS mit Handel und Kommunen erreicht werden.

Weitere Maßnahmen lassen sich nur durch gesetzliche Änderungen durchsetzen, was bei den nächsten Novellen von ElektroG und BattG erfolgen sollte:

- Angleichung der Systematiken von ElektroG und BattG (s.o.)
- Abschaffung der Rückgabe-Option per Paket, da dies den Online-Handel von der stationären Rücknahme befreit.
- Verhindern des „Rosinenpickens“ bei der Altbatteriesammlung. „Umwelt- und Sammelziele müssen einem oder mehreren Akteuren spezifisch zugewiesen werden, so dass diese Akteure für das Erreichen



oder auch Nicht-Erreichen eindeutig verantwortlich gemacht werden können... sinnvollerweise über eine entsprechend verpflichtete Systemorganisation..."¹⁶

- Einführung einer Informationspflicht am Verkaufsregal bzw. bei der Produktwerbung auf Webseiten zu den kostenlosen Entsorgungsmöglichkeiten.
- Ausweis der mit dem Recycling verbundenen Kosten beim Kauf des Geräts
- Last not least: der „open scope“ ist gut gemeint, aber schlecht gemacht: Kein Wertstoffhof weiß, ob beleuchtete Textilien, elektrisch betriebene Möbel etc. nun zu den EEAG zählen oder nicht. Recycler können mit Schuhen mit eingebauten Leuchten nichts anfangen. Die EU sollte hier auf den Boden praktikabler Lösungen zurückfinden.
- Bepfandung gefährlicher Batterietypen und EEAG mit integrierten Batterien.

Wiederverwendung von (auch batteriebetriebenen) Elektro- und Elektronikaltgeräten

Für den Handel mit funktionsfähigen Gebrauchtgeräten existieren zahlreiche Plattformen, u.a. bei großen Elektrospezialmärkten. Damit kann die Gebrauchsdauer von Geräten verlängert werden.¹⁷ Alleine über ebay werden jährlich etwa 120.000 Tonnen gebrauchte Elektro- und Elektronikaltgeräte vermarktet. Bei den Abgabestellen kommen etwa 45.000 bis 90.000 Tonnen noch funktionierende Geräte an, aber nur 7.000 bis 18.000 Tonnen davon werden wieder in Gebrauch genommen.¹⁸ Der Grund: Wenn der Besitzer einer Batterie oder eines Elektrogeräts sich dessen entledigen will, wird es zu Abfall. Dies ist gerade für die Wiederverwendung ein schwieriges Thema: Wenn z.B. ein noch funktionsfähiges Handy auf einem Wertstoffhof abgegeben wird, steht man vor folgendem Dilemma:

- Der Besitzer soll die Batterie lt. ElektroG vorher aus dem Altgerät entfernen und getrennt halten. Kommen beide Teile nicht gleichzeitig an, ist Wiederverwendung ausgeschlossen.
- Die Mitarbeiter des Wertstoffhofs dürfen zwar eine noch vorhandene Batterie herausnehmen, aber nicht, wenn diese eingeschweißt ist, das wäre eine „Erstbehandlung“.

¹⁶ Position der DGAW bei der Verbändeanhörung zum Entwurf der Novelle des BattG, 03.03.2020

¹⁷ Ein meist nicht beachteter Nebenaspekt: Viele gebrauchte Geräte werden aus Deutschland in Länder mit geringerem Einkommen etwa in Osteuropa verkauft. Diese werden dann nicht mehr in Deutschland, sondern anderswo zu Abfall. Dies ist ein Grund dafür, dass osteuropäische Staaten zum Teil deutlich höhere spezifische Sammelmengen aufweisen als Deutschland.

¹⁸ A. Müller, H. Wilts: Vorbereitung zur Wiederverwendung von Elektro- und Elektronikaltgeräten, Vortrag bei der 18. Fachkonferenz zur Entsorgung von Elektroaltgeräten, Hannover, 27.02.2017



- Auf dem Wertstoffhof kommen also u.U. noch funktionsfähige Geräte, die aber – weil Abfall – erst nach Prüfung wiederverwendet werden können. Der Wertstoffhof kann nur die „Vorbereitung zur Wiederverwertung“ veranlassen oder selbst durchführen.
- Reparatur, Funktions- und Sicherheitsprüfung können von einer entsprechend qualifizierten Werkstatt vorgenommen werden, die dann das gebrauchte Gerät wieder in Verkehr bringt. Sie ist gegenüber einem Käufer für Schäden haftbar.

Der Prüfungsaufwand lässt sich verringern, wenn der Letztbesitzer eindeutig erklärt, dass das Altgerät noch funktioniert. Außerdem wäre es hilfreich zu wissen, wie alt das Gerät ist und welche Erfahrungen über die Funktionsfähigkeit vorliegen, und ob eine Nachfrage nach den Geräten besteht.

Gemeinden sind keine Elektrogeräte-Händler. Daher wird nach praktikablen, aber auch rechtlich haltbaren Lösungen für eine Übergabe an Betriebe gesucht, die dann die Prüfungen vornehmen und die Geräte erneut vermarkten und/oder im Sinne einer Erstbehandlung zerlegen können. Wegen der damit verbundenen Kosten kommen vorwiegend Sozialbetriebe in Frage. Folgende Beispiele für Kooperationen sind erfolgreich unterwegs:

- Die Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH (FES, 51% Stadt Frankfurt, 49% REMONDIS) arbeitet seit vielen Jahren mit der „Werkstatt Frankfurt“ zusammen, ein Verein, der 100% der GWR GmbH hält, die sich mit Recycling und Wiederverwendung auch von EEAG beschäftigt.
- Eine ähnliche Konstruktion besteht zwischen der Abfallwirtschafts GmbH Wuppertal (AWG, 100% Stadt Wuppertal) und der GESA. Die GESA betreibt Recyclinghöfe, die gleichzeitig auch als Annahmestellen für Elektroschrott der Städte Wuppertal und Remscheid dienen. GESA bereitet EEAG für die Wiederverwendung auf und ist auch als Erstbehandler zugelassen. GESA beschäftigt u.a. Behinderte und schwer vermittelbare Jugendliche.
- Der Arbeitskreis Recycling e.V. (ein Partner in diesem Projekt) sammelt EEAG im Auftrag des Kreises Herford. Er ist seit 30 Jahren mit der Beschäftigung von Langzeitarbeitslosen in abfallwirtschaftlichen Projekten aktiv. Er unterhält 5 Kaufhäuser im Kreis Herford (ca. 250.000 EW). Der Verein kann die kommunale Option für einzelne Sammelgruppen ausüben und hat damit eine Basisfinanzierung. Nach Schätzung des Vereins liegt die Wiederverwendungs-Quote bei 5%, wobei der Verein keine Reparaturen, sondern lediglich die Prüfung nach ElGerSiG und eine Funktionsprüfung vornimmt. Da EEAG auch bei den Annahmestellen des Arbeitskreises abgegeben werden, kann hier eine erste Auswahl, unterstützt durch Befragung des Letztbesitzers, für evtl. wiederverwendbare Geräte getroffen werden.
- Die Stadtreinigung Hamburg betreibt sozusagen eine Kooperation mit sich selbst: Im Zweitwaren-Kaufhaus („Stilbruch“) werden auch EEAG verkauft. Die Optimierung von Sammlung und (Vorbereitung



zur) Wiederverwendung u.a. über einen „Pop up store“, bei dem Langzeitarbeitslose eine Beschäftigungschance bekommen, ist Teil eines von der EU geförderten Projekts.¹⁹

Sofern eine solche Kooperation nicht besteht, sperren sich viele öffentlich-rechtliche Entsorgungsunternehmen und Kommunen gegen die Übergabe von evtl. noch funktionsfähigen Geräten an Dritte, schon gar nicht an informelle Sammler – was angesichts der damit verbundenen ordnungs- und zivilrechtlichen Probleme verständlich ist. Eine bundeseinheitliche Lösung über eine entsprechende VO nach ElektroG ist bisher nicht zustande gekommen. Auf der Suche nach funktionierenden Modellen kann man in der belgischen Region Flandern fündig werden: Die Sammelquote liegt dort weit über dem belgischen und dem europäischen Durchschnitt. Etwa 10% aller EEAG werden direkt in 110 Gebrauchtwarenläden abgegeben. Deren 15 Reparaturwerkstätten prüfen und reparieren überwiegend kleine Haushaltsgeräte und weiße Ware für den Second Hand-Markt. Für Gebrauchtwaren wurde die Marke „De Kringwinkel“ von Komosie, der flämischen Dachorganisation der sozialwirtschaftlichen Träger geschaffen. Ziel ist es, bis 2022 jährlich 7 kg Gebrauchtwaren pro Einwohner in Verkehr zu bringen. Komosie arbeitet eng mit der flämischen Abfallbehörde OVAM als auch mit der in Belgien für alle EEAG zuständigen Rücknahmeorganisation RECUPEL sowie Kommunen zusammen.²⁰ Selbstverständlich würden

- ein reparaturfreundliches Design der Geräte,
- die Stellung von Reparaturanleitungen und Ersatzteilen durch den Hersteller

die Wiederverwendung erheblich erleichtern. Dies ist zwar bei hochwertiger „weißer Ware“ üblich, nicht jedoch bei vielen Elektronikgeräten oder kleinen Elektrogeräten.

Private Unternehmen nutzen die „Denksekunde“ zwischen dem Entschluss des Besitzers, sich eines oder mehrerer Geräte zu entledigen, und der Abgabe bei einem Recyclinghof oder einem anderen Abfallwirtschaftsbetrieb. Mit einem Preisangebot an den Eigentümer wird die „Abfallphase“ zunächst rechtlich umgangen und die zu entsorgenden EEAG nach Einigung über den Preis abgeholt („one stop shop“). Der Bieter entscheidet dann über Verwertung (Abfall) oder Wiederverwendung (Produkt).²¹ Detaillierte Erfahrungen zur Sammlung, Prüfung und Vertrieb von gebrauchten Notebooks lassen sich aus dem RUN-Projekt ziehen. Notebooks werden auch nach Ende des von der EU geförderten über Abgabestellen (vorwiegend in Österreich) und Postversand gesammelt.²² ITK-Altgeräte haben aufgrund ihrer teilweise hochwertigen Materialien bzw. Komponenten und technologischen Wertigkeit einen besonderen Stellenwert. Dies gilt sowohl für Geräte der privaten als auch der geschäftlichen Nutzung. Initiativen und Angebote, die die Nutzungsphase von ITK-

¹⁹ www.ce-force.eu

²⁰ http://www.komosie.be/ko/home_10.aspx;

²¹ Siehe <https://en.snew.eu/>

²² R. Brüning, J. Wolf: Lessons Learned – Erfahrungen aus dem RUN Projekt, Recy & Depotech-Konferenz, (Hrsg.: R. Pomberger et.al.) Eigenverlag des iae der Montanuniversität Leoben, 2018; <https://return.reuse-notebook.com/>



Geräten und -Komponenten möglichst lang gestalten, müssen daher weiter ausgebaut und/oder neu gestaltet werden. Dazu zählen insbesondere auch flankierenden Kommunikations- und Aufklärungsmassnahmen in Richtung der privaten und kommerziellen Nutzer hinsichtlich der ökonomischen, ökologischen und sozialen Potentiale einer möglichst langen Nutzung bzw. Wiederverwendung von ITK-Geräten. Hier gibt es bereits stabile Geschäftsmodelle:

- Aufarbeitung von (überwiegend) B2B ITK-Hardware kombiniert mit der Beschäftigung behinderter Menschen²³,
- Rücknahme gebrauchter Geräte durch den Hersteller und Aufbereitung, ggf. Upgrading²⁴,
- Kommerzielle Aufbereitung von B2B-ITK-Geräten²⁵.

Für die Zukunft sehen wir zwei Entwicklungen als vielversprechend an: Zum einen werfen Produkte einen „digitalen Schatten“, der genutzt werden kann. Für die nächsten 3-5 Jahre wird eine erhebliche Ausweitung der mit dem Produktverkauf bzw. Produktverbleib verbundenen Daten erwartet, so dass ganz neue Wege der Wiederverwendung rentabel werden können. Diese können der Hersteller selbst, von ihm beauftragte Dritte oder wiederum Datenhändler beschreiten, die vom Hersteller erworbene Daten mit weiteren Datenströmen zusammen führen, die speziell im Kontakt mit Haushalten erhoben werden („Big Data“)²⁶. Offen ist im Moment, ob und wie die Akteure der Abfallwirtschaft hier partizipieren können. In der Abfallwirtschaft stellen Prüfungen auf potenzielle Wiederverwendbarkeit und auf Vermarktbarkeit die normalen Annahmestellen wie oben dargestellt vor erhebliche Probleme. Für diese Akteure kann die Technik der Bilderkennung mit Hilfe von künstlicher Intelligenz hilfreich werden. Hierzu wäre eine geeignete Software zu entwickeln und ein „Lernprozess“ bei mehreren Annahmestellen mit geschultem Personal durchzuführen.²⁷

Wiederverwendung von Hochenergiebatterien

Versuche zur Wiederverwendung von Hochenergiebatterien aus Fahrzeugen in Form von Batteriespeichern sind bekannt. Dies wird auch von einem unserer Projektpartner getestet. Allerdings wird dazu erhebliches technisches Wissen benötigt, da die Schaltungen bzw. Betriebssysteme dieser Module mit mehreren großen Zellen von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich sind. Versuche, Akkus aus kleinen EEAG ebenso zu nutzen, sind nicht bekannt.

²³ www.afb-group.de/home

²⁴ <https://hpe-renew.hpe.com/public/uk/en>

²⁵ www.eliprocom.net

²⁶ F. Gu et al.: Internet of things and Big Data as potential solutions to the problems in waste electrical and electronic equipment management: An exploratory study. *Waste Management* **68** (2017) 434–448

²⁷ Die Autoren des Leitfadens entwickeln derzeit ein solches Projekt.

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de





Recycling von Batterien und batteriegetriebenen Elektro(nik)geräten

Die Zerlegung von EEAG bzw. die Sortierung von Altbatterien nach ihrem Chemismus sind Voraussetzung für die Rückgewinnung von Wertstoffen, vorwiegend Metallen. Wenn in den EEAG noch Batterien vorhanden sind, müssen diese im Rahmen der Erstbehandlung abgetrennt und auf den Pfad des Batterierecyclings gebracht werden. Da EEAG nach je nach Gerätegruppe differenzierten Vorbehandlungsschritten in den Shredder gelangen, sind nicht entfernte Hochenergiebatterien eine erhebliche Gefahrenquelle für diesen Prozessschritt. (Die Anlieferung zerstörter Batteriemische bei Batterieaufbereitern zeigt aber, dass diese Vorgabe nicht durchgehend beachtet wird.) Während Altbatterien relativ leicht über ihre Hauptbestandteile identifiziert und sortiert werden können, leidet das Recycling von EEAG – ebenso wie die Wiederverwendung – unter mangelnden Informationen über die Zusammensetzung der Geräte. Die Bundesregierung hat die mangelnden Kenntnisse über den Verbleib von kritischen Rohstoffen im Programm ProgRes II angesprochen: „Insofern ist es von Bedeutung, die relevanten Akteure zusammenzubringen, um Informationsdefizite zu beheben, die insbesondere bei komplexen Produkten und solchen mit veränderlicher Zusammensetzung bestehen...“²⁸ Daher sind zusätzliche Kennzeichnungen notwendig: Die jederzeit auslesbare Kennzeichnung von Produkten in Abfallströmen ist z.B. durch RFID möglich, werden von Herstellern bisher aus Kostengründen selten eingesetzt. Bei Elektro(nik)-Geräten wäre eine maschinenlesbare Kennzeichnung ein erheblicher Fortschritt, um die Inhaltsstoffe der Geräte zu kennen. Dies beginnt bei gefährlichen Stoffen (z.B. Vakuum-Isolationspaneele aus Kühlschränken, Hg-haltige Hintergrundbeleuchtung bei Bildschirmen), muss aber ebenso die metallischen Wertstoffe berücksichtigen.

Die im vorigen Kapitel angesprochene Bilderkennungs-Technik für EEAG wäre für die Recycler ebenso von Interesse wie für die Annahmestellen: Es könnten noch vermarktbar Geräte ausgeschleust werden, schadstoffhaltige Geräte würden sofort erkannt und mit der Information über ungefähre Gehalte an Metallen für die Steuerung der Aufbereitung eingesetzt. Sensoren für bestimmte Schadstoffe (z.B. Brom-Verbindungen in Gehäusen) wären zusätzlich hilfreich.

Die wesentlichen Prinzipien zur Rückgewinnung von Metallen aus Altbatterien sind in Abb. 5 dargestellt. Aus den jeweiligen Prozessen resultieren bis auf zwei Ausnahmen Zwischenprodukte, die vorwiegend in NE-Metallhütten weiter bearbeitet und soweit metallurgisch und technisch möglich getrennt werden.

²⁸ BMUB (2016): Deutsches Ressourceneffizienz-Programm II, Kap. 7 „Handlungsfelder 2016-2019“

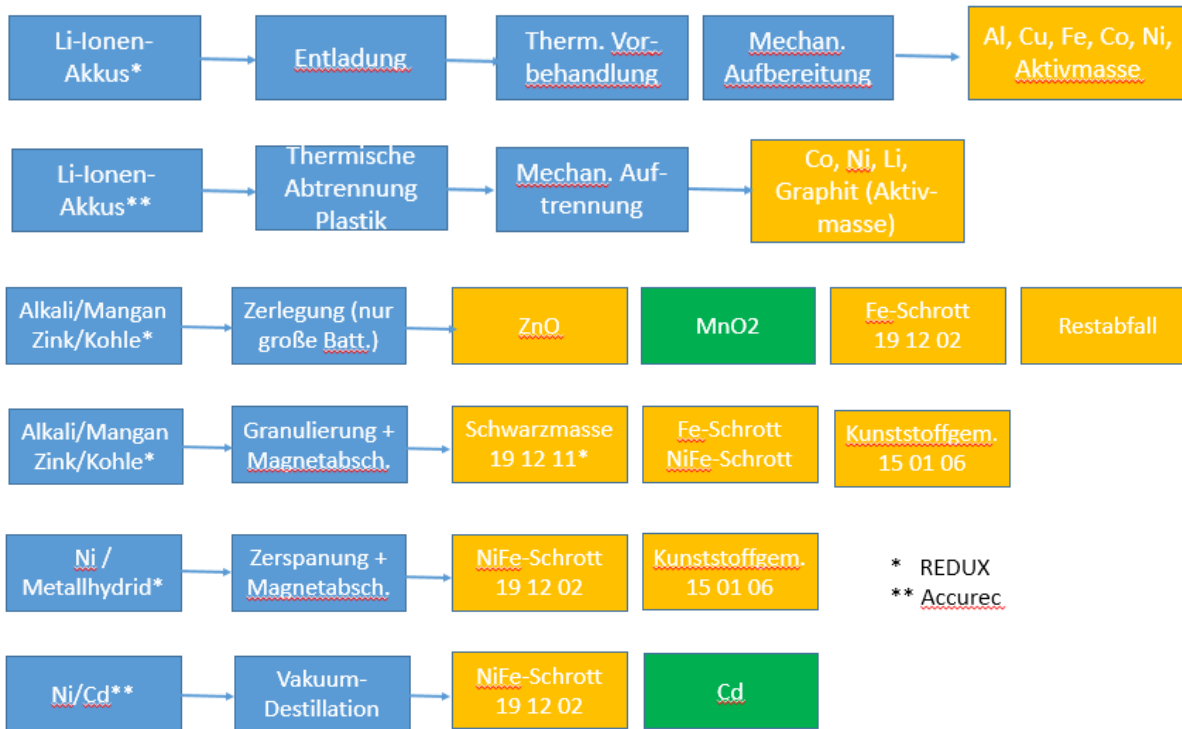


Abb. 5: Recycling von Batterien bei den beiden deutschen Batterieaufbereitern (Quelle: Homepages von REDUX bzw. Accurec und Gespräche mit REDUX); gelb: Zwischenprodukte zur weiteren Verarbeitung, grün: grundsätzlich vermarktbar Endprodukte

Cd wird weitgehend nach Ostasien exportiert, weil der Gebrauch in Europa auf wenige Produkte beschränkt ist und daher hier keine nennenswerte Verarbeitung mehr stattfindet.²⁹ MnO₂ wurde zeitweise zur Produktion neuer Batterien exportiert. Eine Nachfrage nach Batterien auf der Basis von Recycling-MnO₂ würde einen wichtigen Schritt zu nachhaltigerem Einsatz von Metallen darstellen. ZnO und andere zinkhaltige Fraktionen gehen über den Wälzrohrofen in eine Zinkhütte. Ni/Fe und Fe-Schrotte werden in der Stahlindustrie eingesetzt. Kunststoff-/Papiergemische können noch als Reduktionsmittel im Hochofen eingesetzt werden, ansonsten müssen sie wie der organische Restabfall energetisch verwertet werden. Insgesamt werden mit den dargestellten Verfahren die von der Batterie-Richtlinie verlangten Verwertungsquoten (bezogen auf Input-Material) von 75% erreicht.

Li wird (mit Ausnahme einer Pilotanlage für große Batteriemodule³⁰) bisher nicht gezielt zurückgewonnen, die Aufbereitungsverfahren zielen auf die wertvollen NE-Metalle Co und Ni sowie Al und Fe ab. In einer Pilotanlage

²⁹ Da Cd ein Element ist und bei der Primärverhüttung vor allem von Zn anfällt, muss man nach Wegen suchen, um ein „Diffundieren“ des toxischen Metalls in die Umwelt zu verhindern, siehe dazu H. Frieger et al., a.a.O.

³⁰ Lithium-Ionen-Akkus: Shreddern statt Einschmelzen, 320°, 2.7.2019 sowie <https://www.duesenfeld.com/recycling.html>



in Belgien³¹ werden zum einen ganze Batterien, zum anderen Aktiv- bzw. Schwarzmasse aus der Aufbereitung von Li-Akkus eingesetzt. Die dabei entstehende Lithium-haltige Schlacke kann in Prozessen weiter verarbeitet werden, in denen primäre Konzentrate aus Festgestein zu Lithiumcarbonat verarbeitet werden. Die gewonnene aus Co, Ni und Cu bestehende Legierung dient als neues Kathodenmaterial.

Die Aufbereitungsverfahren leiden z.T. unter dem Verkleben von Batterie-Komponenten bzw. der Nutzung von Plastik-Metall-Verbundwerkstoffen. Dies führt dazu, dass sich noch erhebliche Metallanteile in den Shredder-Rückständen finden. Dies kann über eine neue Trenntechnik (iCycle® = intelligent composite recycling, bisher als Pilotanlage verfügbar³²) angegangen werden, bei der die Geräte, Module oder große Bruchstück mit Hilfe elektrohydraulischer Wellen zerlegt werden. Im Übrigen wird die Shredder-Technik für EEAG auf Grund der Gefährdung durch bis zu diesem Prozessschritt nicht entfernte Li Ionen-Batterien langsam durch schonendere Verfahren abgelöst.

Angesichts der tendenziellen Preissteigerung für Metalle könnte es sinnvoll sein, EEAG und Altbatterien, deren vollständige Aufbereitung heute technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht tragbar ist, für einen verbesserten Recycling-Prozess in Zukunft einzulagern. Dies könnte ein Langzeitlager i.S.d. DeponieVO sein, wie dies bereits für den lebenswichtigen Rohstoff Phosphor vorgesehen ist. In den beiden EU-Richtlinien ist dies nicht angedacht: Nach Prüfung der Rechtslage gibt es für die öffentlich-rechtlichen Sammler keine handhabbare rechtliche Möglichkeit, EEAG und Altbatterien mit wertvollen Rohstoffen längere Zeit zu lagern, auch nicht im Fall der Optierung einer Altgeräte-Fraktion. Da die Hersteller und Importeure die Verantwortung für die Behandlung der Abfälle tragen, könnten sie eine finale Behandlung theoretisch aufschieben, würden dann aber in jedem Fall die geforderten Recyclingquoten verfehlen.

Elektroaltgeräte und Altbatterien im Restabfall

Altbatterien und EEAG sollen nicht über den Restabfall beseitigt werden; dies ist in allen Gebrauchsanweisungen durch entsprechende Symbole (durchgestrichener Mülleimer) kenntlich. Dennoch sind die im Restabfall enthaltenen Metalle nicht völlig verloren, wenn der Restabfall über eine MVA entsorgt und die Schlacke einer anspruchsvollen Aufbereitung unterzogen wird (siehe Leitfaden zu mineralischen Abfällen). Allerdings sind gerade „falsch entsorgte Lithium-Batterien die Hauptursache von zahlreichen Bränden in Abfallbehandlungsanlagen. Das bestätigen Daten aus dem Forschungsprojekt der Montanuniversität Leoben BatSAFE. Demnach landen allein in Österreich rund 700.000 Lithium-Batterien im Restmüll, statt in den dafür vorgesehenen Sammelstellen.“³³

³¹ UMICORE, Hoboken, Jahreskapazität 7.000 t, siehe auch www.batteryrecycling.umicore.com

³² Fraunhofer Institut UMSICHT, Sulzbach-Rosenberg

³³ Batterien im Restmüll - „Das kann so nicht weitergehen“. 320°, 6.11.2018



Rechtliche Probleme, Vollzugsmängel usw.

Die in den vorigen Abschnitten erwähnten Regelungen oder Vollzugsprobleme, die einem nachhaltigeren Ansatz bei der Wiederverwendung von EEAG (mit und ohne Batteriebetrieb) entgegenstehen, sind in der folgenden Tabelle zusammen gefasst:

	Gesetzliche Lücken	Überregulierung	Mängel im Vollzug	Unklare od. wechselnde Vorgaben
EAG u. Alt-batterien generell	Trittbrettfahrer-Problem bei Sammlung von Altbatterien gefährdet solidarisches Rücknahmesystem	Bezug der Sammelziele der EU bei Batterien passen nicht zur Gebrauchsdauer	Behörden gehen nicht gegen Trittbrettfahrer vor	
Zerlegung von EEAG und Inhaltsstoffe von EEAG u. Altbatterien	Fehlende Transparenz über Zusammensetzung von Geräten: Maschinenlesbare Kennzeichnung verpflichtend für Hersteller einführen (was es schon gibt: Angabe der Kältemittel)			Wichtige Nebenbedingung: Schutz geistigen Eigentums. Sicherstellen, dass der Austausch von benötigten individuellen aber unternehmenskritischen Informationen angemessen geschützt wird
Illegale Aktivitäten			Mangelnde Verfolgung und Sanktionierung von illegalen Importeuren, Schrottplätzen,	



			Transporten, Exporteuren, (europ.) Hinterhof-Recyclern	
(Vorbereitung zur) Wiederverwendung	VO noch nicht vorhanden	Gefahr: Hintertür für informellen Sektor nicht öffnen!		Je nach Gemeinde unterschiedliches Vorgehen: Tauschbörsen außerhalb der Zuständigkeiten, Vorbereitung zur Wiederverwendung (für Second Hand) nur bei Klarheit über Haftungsfragen
Sammlung EEAG	Mangelnde Transparenz über lokale Sammelmengen bzw. Ergebnisse im Handel	Geteilte Verantwortung führt über Optimierung zu Verwerfungen im Markt u. mangelnder Investitions-Sicherheit für Recycler	Annahmeverpflichtung des Handels für EEAG wird vielfach nicht wahrgenommen, aber Sammlung durch informellen Sektor hingenommen	Open scope: WEEE II-Richtlinie umfasst auch Produkte, bei denen das elektrische Gerät nur eine Nebenrolle spielt (u.a. beleuchtete Textilien, elektrisch verstellbare Möbel)

Tab. 12.3.1: Rechtliche Probleme rund um batteriegetriebene EEAG und Altbatterien

Im Übrigen werden alle Schritte, die das ökologische Design (design for repair, design for recycling) voranbringen, die Wiederverwendung von gebrauchten Geräten fördern. Dies kann nur auf der europäischen Ebene geschehen. Eine – ggf. zunächst nur national eingeführte – Pfandpflicht würde die Quote der



Rückführung von Li-Ionen-Akkus und EEAG mit integrierten Akkus auf weit über 90% erhöhen, wie die Erfahrungen mit den Blei-Akkus zeigen.

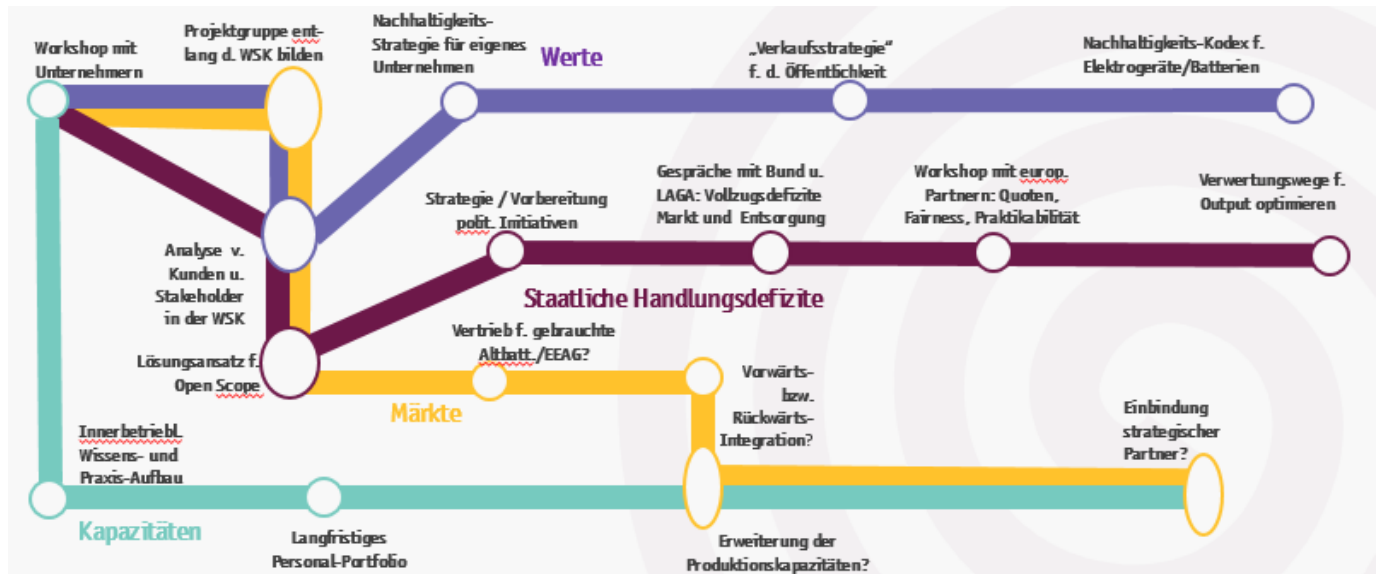
„Ich halte es für eine sehr gute Idee, die Rechtsnormen für Elektroaltgeräte und Batterien zusammenzuführen. Wir haben es mit nahezu gleichen Herstellerkreisen, Vertriebswegen und Rücknahmewegen zu tun. Um die Sammelquoten zu erhöhen, muss der Rahmen für die Systeme allerdings in Deutschland verbessert werden. Ich empfehle einen Blick in unsere Nachbarländer, die z.T. bereits wesentlich mehr sammeln als wir.“ Georgios Chryssos, Vorstand der Stiftung gemeinsames Rücknahmesystem Batterien und Geschäftsführer der Gemeinsames Rücknahmesystem Servicegesellschaft mbH (Hamburg)

Roadmap

Die hier beschriebenen Entwicklungen, Trends, Probleme, Risiken und Chancen sollten für zukunftsgerichtete Akteure im Altbatterie- und E-Schrott-Geschäft Anlass sein, sich mit den im Folgenden genannten Problemen auseinanderzusetzen und entlang der Wertschöpfungskette Kooperationen aufzubauen, wie dies in der Roadmap dargestellt ist (Abb. 6). Die Roadmap wurde aus den Erkenntnissen der Workshops im Projekt erstellt.

Der Schwerpunkt bei dieser Roadmap liegt bei der Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen entlang der Wertschöpfungskette gemeinsam mit allen in der Kette tätigen Akteuren. Dies ergibt sich aus den massiven Problemen bei der Sammlung und Wiederverwendung wie auch bei den Informationsmängeln in der Verwertung. Nachhaltigeres Handeln ist zwar mit einigen technischen Fortschritten auch im derzeitigen Rechtsrahmen möglich, ändert aber nichts grundsätzlich. Daher sollten ausgehend von einem Unternehmer-Workshop die politischen Themen mit Priorität angefasst werden; dies gelingt nur bei Kooperation der Fachverbände.

Abb. 6: Wie geht es weiter? Roadmap für die Wertschöpfungskette Altbatterien und batteriebetriebene Elektroaltgeräte



Parallel hierzu müssen angesichts steigender Mengen vor allem an Altbatterien, aber auch an – vor allem batteriebetriebenen – EEAG drei miteinander verflochtene Themenbereiche in den einzelnen Unternehmen vorangetrieben werden:

- Digitalisierung des heutigen Geschäfts und Versuch, die vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsstufe allein oder mit Partnern zu erschließen
- Schaffung der personellen Voraussetzungen hierfür im Rahmen eines langfristigen Personal-Portfolios
- Ausarbeitung einer Nachhaltigkeitsstrategie verbunden mit einer Wertediskussion in der eigenen Belegschaft.

Da die Wertschöpfungskette der EEAG für kriminelle Aktivitäten interessant ist, sollte ein gemeinsamer Kodex für nachhaltiges Arbeiten in der Wertschöpfungskette neben den technischen Standards (Sammlung: LAGA M31a, Recycling: WEEELABEX...) entwickelt werden.

Danksagung:

Der Leitfaden fasst die Erkenntnisse aus vielen Diskussionen mit den am Projekt beteiligten Unternehmen und dem Projektbeirat zusammen. Ihnen allen, ganz besonders Herrn Michael Kaminski-Nissen vielen Dank für kritische Fragen und zahlreiche Hinweise. Dank auch an Frau Anne Müller (Wuppertal Institut), die bei der



Abschlusskonferenz den Thementisch zur Wiederverwendung von Elektroaltgeräten vorbereitete und leitete:
Auch die Erkenntnisse aus dieser Diskussion wurden hier aufgenommen. HF