

# Sortierung von Gerätebatterien

Holger Sziegoleit

1.	Batterierücknahme .....	495
2.	Warum Sortierung? .....	497
3.	Sortierung, was ist das? .....	500
3.1.	Mechanische Sortierung .....	501
3.2.	Visuell/manuelle Sortierung.....	502
3.3.	Automatische Sortierung .....	503
4.	Ergebnis.....	504

Mit der Umsetzung der EG Richtlinie 66 begann in Deutschland 1998 die flächen-deckende Rücknahme von Gerätebatterien. Gemäß den Forderungen sollte der Endverbraucher seine Batterien egal welcher Herkunft und welchen Typs dem Hersteller unentgeltlich zurückgeben können. Während im Rahmen der freiwilligen Rücknahme früher nur bestimmte Batterietypen der Entsorgung zugeführt wurden, musste nun eine Lösung geschaffen werden die vom Endverbraucher zurückgenommenen Batterien soweit aufzubereiten, dass die entsprechenden Verwertungsanlagen ein definiertes Material erhalten. Dazu war es notwendig die Möglichkeit zu schaffen große Mengen an Batterien entsprechend zu sortieren.

Die Sortierung von Gerätebatterien ist in Deutschland nunmehr seit vielen Jahren gängige Praxis. In diesem Beitrag soll auf Basis der Erfahrungen einer der größten europäischen Sortieranlagen sowohl über eher grundsätzliche Aspekte der Sortierung als auch über deren praktische Umsetzungen berichtet werden. Da die Sortierung kein Selbstzweck ist, sondern vielmehr vielfach erst die Möglichkeit für nachfolgende Verwertungsschritte eröffnet, wird auch auf Verwertung von sortierten Gerätebatterien eingegangen.

## 1. Batterierücknahme

Bevor verbrauchte Batterien und Akkumulatoren (nachfolgend vereinfachend Batterie genannt) sortiert und verwertet werden können, müssen sie zuerst eingesammelt werden. Seit Inkrafttreten der Batterieverordnung im Jahre 1998 (Novellierung 2006) sind Hersteller und Importeure verpflichtet, ihre in Verkehr gebrachten Batterien für den Endverbraucher kostenlos zurückzunehmen und zu verwerten. Verbraucher dürfen ihre verbrauchten Batterien nicht mehr in den normalen Hausmüll werfen,

sondern müssen diese (z.B. an alle Verkaufsstellen von Batterien) zurückgeben. Für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger ist die Entsorgungspflicht für gebrauchte Batterien entfallen. Sie müssen diese nur noch annehmen. Die Verwertung übernehmen dann Dritte.

Das vom Gesetzgeber ausdrücklich vorgesehene gemeinsame Rücknahmesystem, welches die Rücknahmeverpflichtung und ordnungsgemäße Entsorgung der Batterien für die große Zahl der Hersteller und Importeure sicherstellen soll, wurde 1998 von führenden Batterieherstellern sowie dem Zentralverband der Elektrotechnik und Elektroindustrie in Form von Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (GRS) gegründet ([www.grs-batterien.de](http://www.grs-batterien.de)). GRS hat ein einheitliches und flächendeckendes Rücknahmesystem für mehr als 1.000 Hersteller und Importeure eingerichtet. An mehr als 170.000 Annahmestellen bundesweit werden die Batterien eingesammelt und anschließend zu den Sortierzentren transportiert. Die dort sortierten Batterien werden zu ausgewählten Verwertungsanlagen gebracht, wo die in den Batterien enthaltenen Schadstoffe (i.d.R. Schwermetalle) als wieder zu verwendende Metallprodukte zurück gewonnen werden. Neben den Schwermetallen werden auch weitere wertvolle Metalle als Produkt aus den Batterien zurückgewonnen. Bezahlt wird dies alles durch die Hersteller und Importeure der Batterien.

Neben dem gemeinsamen Rücknahmesystem gibt es in Deutschland weitere, zumeist herstellerspezifische Rücknahmesysteme für Batterien. Somit werden in Deutschland jährlich rund 44.000 t Batterien in Verkehr gebracht von denen etwa 16.000 t eingesammelten und verwertet werden.

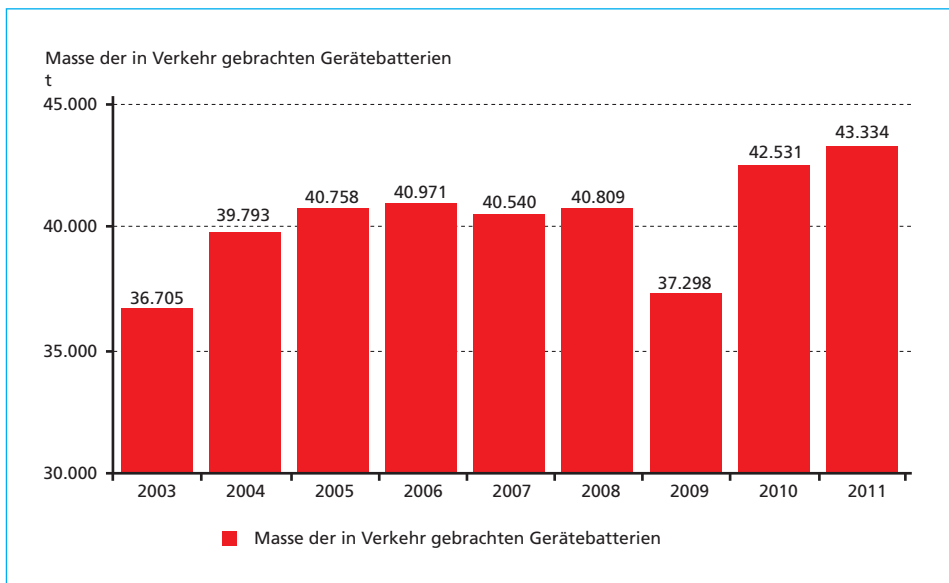


Bild 1: Masse der in Verkehr gebrachten Gerätebatterien in den Jahren 2003 bis 2011

Quelle: Erfolgskontrollberichte der Rücknahmesysteme für Geräte-Alt-Batterien; UBA September 2012

Die Anforderungen an die Batterierücknahme werden durch eine ab 2008 umzusetzende EU-Richtlinie (2006/66/EG) verschärft. Hier werden u.a. erstmals konkrete Vorgaben an den Mengenanteil der aus den Batterien durch Recycling zurück zu gewinnenden Wertstoffe gemacht. In diesem Rahmen wurde auch bestimmt, dass Gerätebatterien mit einer Recyclingeffizienz von größer als 50 % zu verwerten sind. Auch hieraus ergab sich eine neue Herausforderung für die Sortierung. Ging man doch am Anfang von einer Entfrachtung von Schadstoffen wie Quecksilber und anderen Schwermetallen aus, wird heute auch produktspezifisch für die anschließende Verwertung sortiert. Als Beispiel hierfür sei die Aussortierung von größeren Alkalimanganbatterien (sog. C- und D-Zellen) genannt, die einen anderen Verwertungsweg durchlaufen als Ihre kleinen Geschwister. Eine weitere Herausforderung an die Sortierung ist die sich ändernde Zusammensetzung der Batteriegemische und die ständig steigende Energiedichte. Schaut man sich zum Beispiel die Masse der in Verkehr gebrachten Batterien an, so stellt man sehr schnell fest, dass es zu einer Verschiebung in dem System gekommen ist. So gibt es im Laufe der Jahre eine Verschiebung von sogenannten Primärbatterien (einmal Batterien) zu den Sekundärbatterien (wiederaufladbar).

## 2. Warum Sortierung?

Aus dem nachfolgenden Bild ist ersichtlich, welche Vielfalt an Metallen bzw. Metallverbindungen in den Batterien enthalten ist. Im Wesentlichen sind dies die in Bild 2 aufgeführten Metalle. Diese als Wertstoffe aus den Batterien zurück zu gewinnenden

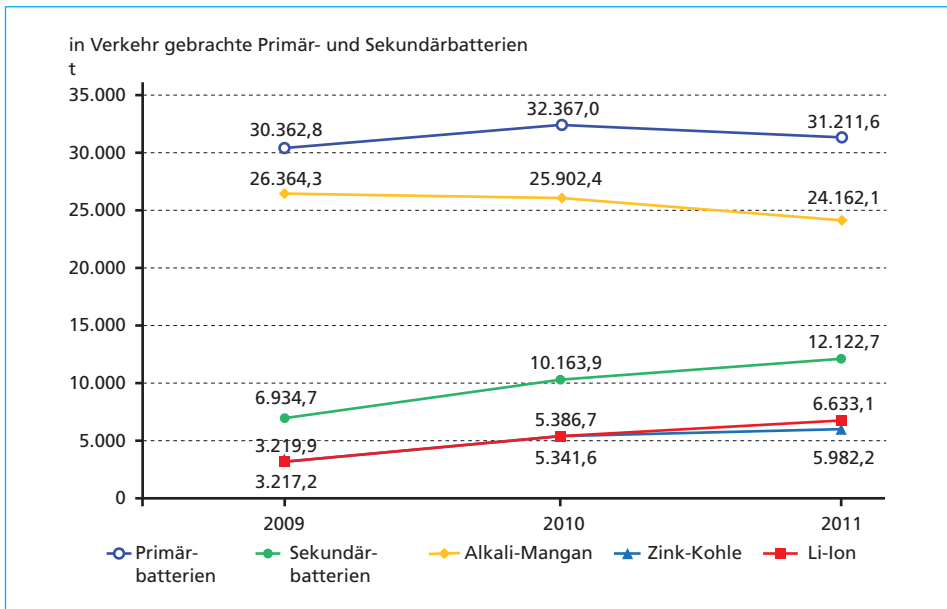


Bild 2: In Verkehr gebrachte Primär- und Sekundärbatterien und Entwicklung der drei größten Batteriesysteme

Quelle: Erfolgskontrollberichte der Rücknahmesysteme für Geräte-Altbatterien; UBA September 2011

Stoffe liegen leider in den von den Rücknahmesystemen eingesammelten Batteriemengen als Mischung vor, da eine sortenreine Trennung der verschiedenen Batterietypen bereits bei der Einsammlung kaum zu realisieren ist. Auch bei herstellerspezifischen Rücknahmesystemen liegen zumeist verschiedene Batterietypen vor.

Bei Powerpacks für Bohrmaschinen z.B. Bleiakkumulatoren, Nickel-Cadmium Nickel-Metallhydrid Akkumulatoren und mittlerweile Li-Ion Akkus. Bei Handy Akkus z.B. Nickel-Metallhydrid oder Lithium-Ion Akkumulatoren.

Man kann also davon ausgehen, dass bei eingesammelten Batterien immer eine Mischung der unterschiedlichen Batterietypen vorliegt.

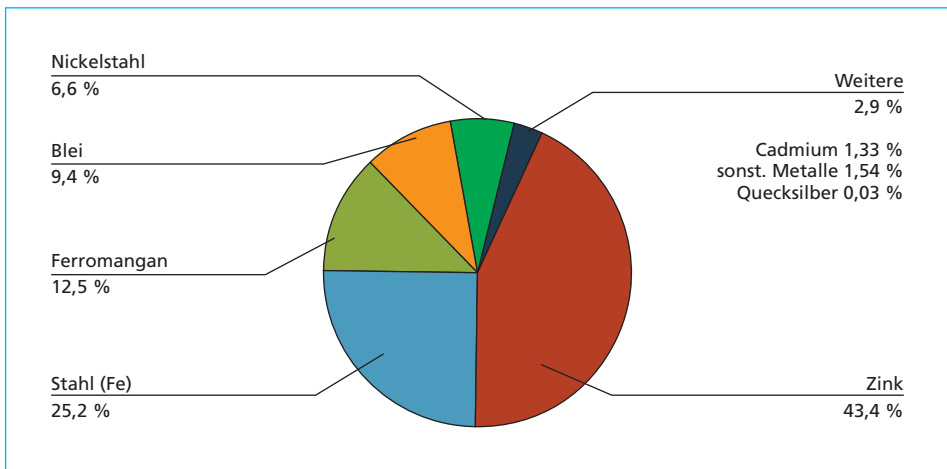


Bild 3: Mischung der unterschiedlichen Batterietypen

Bis heute ist es nicht gelungen ein Recyclingverfahren zu realisieren, bei dem aus der Mischung der unsortierten Batterien direkt (d.h. ohne Sortierung) die einzelnen Rohstoffe aus dem Gemisch zu gewinnen. So muss für die Weiterverarbeitung zum Beispiel in der Edelstahl Industrie sichergestellt werden, dass die angelieferten Materialien frei von Cadmium sind. Dieses ist nunmehr aber in einem Batteriegemisch bedingt durch die Nickelcadmiumbatterien enthalten.

Alternativ wäre auch denkbar, dass in einem neu zu entwickelnden Recyclingverfahren ohne vorherige Sortierung der Batterien die obigen Metalle jeweils sortenrein und sauber als einzelnes Produkt zurück gewonnen werden können.

Solange solche neuartigen Verfahren nicht existieren, muss vor einer Verwertung immer eine Sortierung der Batterien erfolgen. Die Sortierung hat dabei die Aufgabe, ein Zwischenprodukt herzustellen, welches in einer nachfolgenden Verwertungsanlage optimal recycelt werden kann. Die entscheidende Rolle für die Festlegung eines solchen Zwischenproduktes aus der Sortierung ist dabei die Frage, welche der in den Batterien generell vorkommenden Metalle in der jeweiligen Verwertungsanlage behandelt werden können und welche Metalle auf keinen Fall in die Verwertungsanlage gelangen dürfen.

Bei den Verwertungsanlagen handelt es sich in der Regel um Schmelzprozesse oder Röstprozesse zur Gewinnung von einzelnen Metallprodukten. Für die Qualität dieser Metallprodukte ist es wichtig, dass bestimmte störende Fremdmetalle nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind.

Eine weitere wichtige Anforderung ist die Frage, inwieweit Batterien mit einem erhöhten Quecksilbergehalt (z.B. Knopfzellen oder ältere Alkali-Mangan Batterien) im Zwischenprodukt aus der Sortierung enthalten sein dürfen. Nicht alle Verwertungsanlagen sind in der Lage, das während des Verwertungsprozesses aus den Batterien verdampfende Quecksilber aus der Abluft zurück zu gewinnen, während andere Verwertungsanlagen aufgrund einer guten Abluftreinigung sehr quecksilbertolerant sind.

Batterien kommen zum einen als einzelne Rundzelle mit Metallmantel vor; häufig werden aber mehrere Einzelzellen in einem so genannten Pack zusammengefasst (z.B. Bohrmaschinenpack, Akku für Laptop, Packs für Baustellenbeleuchtung). Bei solchen Packs ist zum einen ein nennenswerter Kunststoffanteil vorhanden; zum anderen sind sie teilweise sehr viel größer als die Einzelzellen. Einzelne Verwertungsanlagen sind in der Lage, neben den Einzelzellen auch Packs zu verarbeiten; andere Verwertungsanlagen können keine Packs verarbeiten oder sind gerade auf Packs spezialisiert. Es kann bei der Sortierung daher erforderlich sein, beim gleichen Batterietyp (z.B. Zink-Kohle Batterien) die Einzelzellen und die Packs in verschiedene Zwischenprodukte für die anschließende Verwertung zu sortieren.

Eine weitere Anforderung ergibt sich aus der Tatsache, dass bestimmte Lithiumbatterien zu heftigen Verpuffungen in den Verwertungsprozessen führen können. Aus Gründen der Sicherheit sollten diese daher weitergehend herausortiert werden.

Neben diesen eher technisch bedingten Anforderungen spielen auch ökonomische Randbedingungen bei der Festlegung der Zwischenprodukte aus der Sortierung eine Rolle. So könnten Nickel-Cadmium Akkus gemeinsam mit Nickel-Metallhydrid Akkus verwertet werden. Im Rahmen der Wertschöpfungskette macht dieses aber nur bedingt Sinn. Beide Batterietypen enthalten neben Eisenstahl auch wertvolle Nickelstähle die ohne jede Cadmiumverunreinigung einen sehr viel höheren Preis erzielen als die mit Cadmium verunreinigten Nickelstähle. Während der Verwertung der Nickel-Cadmium-Akkus wird das Cadmium abgedampft; hierzu ist aber ein technisch sehr aufwendiger Prozess notwendig. Aus diesem Grund ist es ökonomisch vorteilhafter, Nickel-Cadmium-Akkus getrennt von Nickel-Metallhydrid-Akkus zu verwerten. Dies erfordert eine vorherige Sortierung. Auf der anderen Seite können bei den neu entwickelten Verwertungsverfahren bestimmte Batterietypen wie Alkalimangan und Zinkkohlebatterien ohne Berücksichtigung der Quecksilbergehalte als Gemisch der Verwertung zugeführt werden. Konnten noch zu Beginn ausschließlich Batterien einer Verwertung zugeführt werden, die zweifelsfrei als nicht quecksilberhaltig identifiziert wurden, bieten heute Verwertungsanlagen die Möglichkeit beide Systeme als sogenanntes Gemisch zu verwerten und durch den Einsatz von entsprechender Filtertechnik das Austreten von Quecksilber zu verhindern. Dieses war insoweit notwendig, da die Batteriehersteller auf die Markierung mit UV empfindlichen Material zur Identifizierung Mitte 2000 verzichteten und somit eine Erkennung nur anhand der Aufschrift und somit einer teuren Sortierung möglich war.

Bei den derzeit in Europa verfügbaren Verwertungsanlagen ergeben sich die im Bild dargestellten Zwischenprodukte aus der Sortierung.

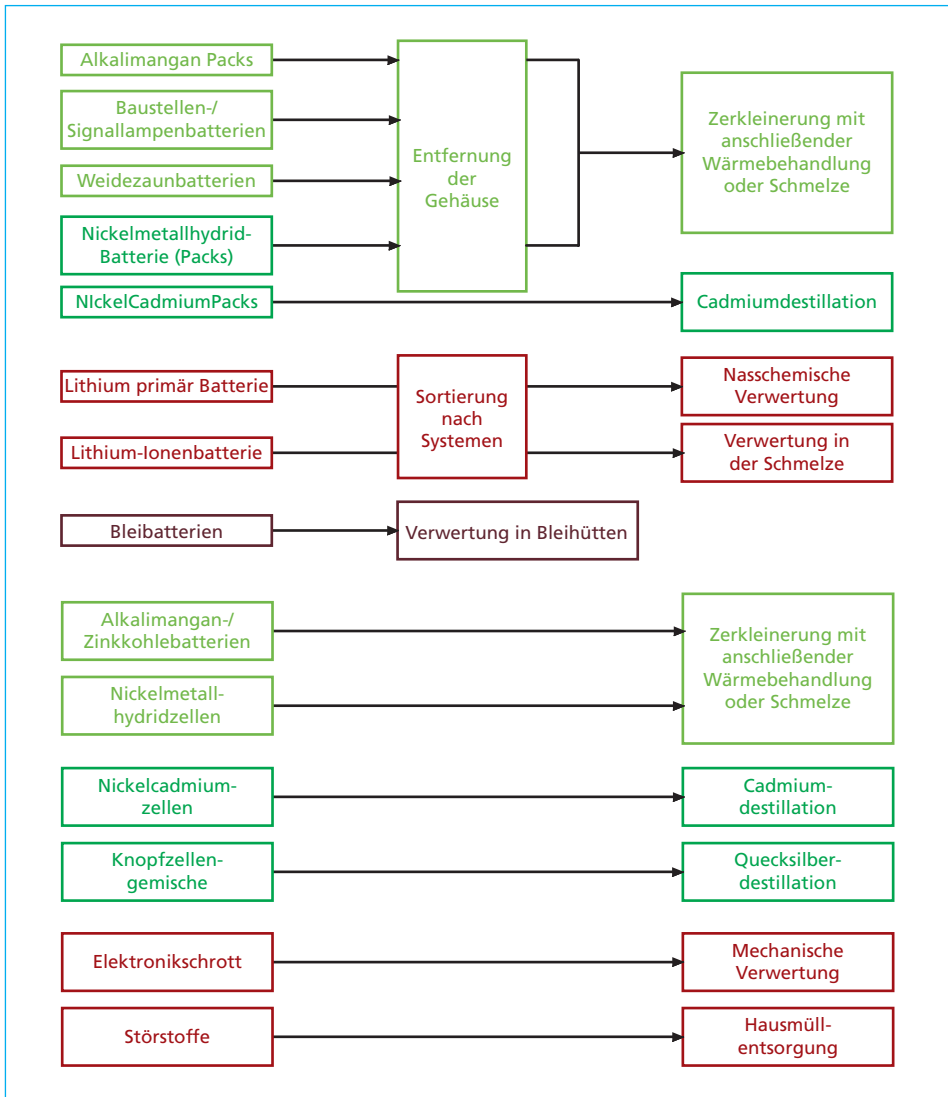


Bild 4: Zwischenprodukte aus der Sortierung

### 3. Sortierung, was ist das?

Im vorhergehenden Abschnitt wurde erläutert, dass die Anforderungen an die Sortierung sich aus den Randbedingungen der anschließenden Verwertung ergeben. Die Sortierung einer Batterie bedeutet dabei nichts anderes, als dass diese konkrete Batterie

anhand vorgegebener Kriterien (Tabelle 1) aufgrund des jeweiligen Batterietyps, der Größe bzw. des Kunststoffgehaltes und ggf. des Quecksilbergehaltes dem richtigen Zwischenprodukt zugeordnet werden muss. Das setzt grundsätzlich voraus, dass jede einzelne Batterie untersucht wird.

Tabelle 1: Kunststoff- und Quecksilberanteile bei verschiedenen Batterietypen

Batterietyp	Größe	Kunststoffanteil	Quecksilbergehalt
Zink-Kohle	Einzelzellen	gering	normal
Alkali-Mangan	Einzelzellen	gering	normal
Alkali-Mangan	Einzelzellen	gering	quecksilberfrei
Alkali-Mangan, Zink-Kohle	kleine Packs	erhöht	normal
Zink-Kohle	große Packs	erhöht	normal
Alkali-Mangan	große Packs	erhöht	normal
Zink-Luft	große Packs	erhöht	normal
Blei	große Packs	erhöht	–
Nickel-Cadmium	Einzelzellen	gering	–
Nickel-Cadmium	Packs (klein + groß)	erhöht	–
Nickel-Metallhydrid	Einzelzellen	Einzelzellen	–
Nickel-Metallhydrid	Packs (klein + groß)	erhöht	–
Lithium Primärzellen	Einzelzellen	gering	–
Lithium-Ion	Packs (klein + groß)	erhöht	–
Alkali-Mangan, Zink-Luft Lithium, Nickel-Cadmium Quecksilber, Silberoxid usw.	Knopfzelle	gering	teilweise erhöht, überwiegend gering

Beispielhafte Zwischenprodukte aus der Sortierung von Gerätebatterien in Deutschland.

Das Untersuchen jeder einzelnen Batterie erfolgt dabei in der Praxis auf drei unterschiedliche Arten:

1. visuell/manuell
2. Mit automatischen Systemen
3. Mechanisch nach Größe oder Ferromagnetismus

### 3.1. Mechanische Sortierung

Die technisch einfachste Art ist dabei die rein mechanische Behandlung (Nr. 3). So lassen sich die Knopfzellen von den restlichen Batterien z.B. durch eine reine Siebung nach Dicke der Batterien abtrennen. Allerdings müssen die so abgetrennten Knopfzellen anschließend noch von Störstoffen wie Papierschnipseln etc. befreit werden.

Ebenso einfach ist die Abtrennung von bestimmten Zink-Kohle-Batterien mittels eines Elektromagneten, da diese aufgrund eines bauartbedingten fehlenden Eisenmantels anders als der Rest der Einzelzellen nicht ferromagnetisch sind. Auch hier muss allerdings sichergestellt sein, dass keine anderen nichtferromagnetischen Stoffe (z.B. Störstoffe wie Korke, große Papierstücken etc.) mehr vorhanden sind.

Die rein mechanische Abtrennung durch Siebung kann auch genutzt werden, um eine Vortrennung in die beiden nachfolgenden Sortierarten visuell/manuell (Nr. 1) bzw. automatisch (Nr. 2) vorzunehmen. Dies ist in den beiden nachfolgenden Bildern zu sehen. Während die größeren Batterien (Bild 5) in jedem Fall visuell/manuell untersucht werden müssen, können die Einzelzellen (Bild 6) mit automatischen Systemen sortiert werden. Dabei ist zu beachten, dass in dem Stoffstrom aus Bild 7 sowohl Störstoffe wie Papier, Glühlampen etc. als auch kleinere Packs enthalten sind. Beides muss vor den automatisch arbeitenden Systemen visuell/manuell entfernt werden.



Bild 5: Größere Batterien



Bild 6: Einzelzellen

In der Praxis können aus dem eingesammelten Batteriemisch nur rund 0,5 Ma.-% in Form von Knopfzellen abgetrennt werden. Der bei weitem überwiegende Massenanteil muss daher visuell/manuell bzw. mit automatischen Systemen sortiert werden.

### 3.2. Visuell/manuelle Sortierung

Hiermit ist gemeint, dass die Untersuchung der einzelnen Batterien durch Menschen erfolgt, die die Batterien einzeln anschauen und dann den verschiedenen Zwischenprodukten zuordnen.

Das Kriterium der Größe/Kunststoffgehalt, d.h. die Frage, ob eine Einzelzelle vorliegt oder es sich um einen Pack handelt, kann sehr schnell und intuitiv getroffen werden. Der jeweils vorliegende Batterietyp und die Frage, ob die Batterie quecksilberfrei ist, kann dagegen nur anhand der Beschriftung auf den Batterien ermittelt werden. Diese Beschriftungen sind oftmals sehr klein (Bild 7) und erfordern daher ein längeres Drehen, Wenden und Betrachten der Batterien.

Annähernd maßstäbliche Darstellung von Beschriftungen auf Batteriepacks. Diese müssen für eine Identifikation der Batterien gelesen werden.

Nach der so erfolgten Festlegung, in welches Zwischenprodukt die jeweilige Batterie gehört, wird sie manuell dorthin sortiert. Typische Sortiergeschwindigkeiten dieser visuell/manuellen Sortierung liegen bei etwa 300 kg pro Mann und pro Stunde. Mit dieser Art der Sortierung werden bei Packs Reinheiten von 98 bis 99 % erzielt.





Bild 7:

Darstellung von Beschriftungen auf Batteriepacks

Wir können davon ausgehen, dass in Deutschland zur Zeit 50 % der zurückgenommenen Batterien visuell/manuell sortiert werden. Europaweit ist dieser Anteil wesentlich höher. Aufgrund der im Vergleich zu den Einzelzellen deutlich höheren mittleren Gewichte der Batterien entspricht dies weniger als 1 Stückprozent der insgesamt sortierten Batterien. Trennt man die Knopfzellen vorher ab, so werden demnach mehr als 99 % der Batterien in Deutschland mit automatischen Systemen sortiert. Davon entfallen alleine 90 % auf die Größen Mikro (AAA) und Mignon (AA).

Eine vollständige visuell/manuell Sortierung von Einzelzellen wird derzeit nicht durchgeführt (Positivsortierung). Das bedeutet, dass bei der manuellen Sortierung die Batterien die nicht in den Mengenstrom Alkalimangan/Zinkkohle fallen aus der Masse entnommen werden.

### 3.3. Automatische Sortierung

Einzelzellen wie Rundzellen (z.B. Mignon, Mikro, Mono oder Baby), aber auch Pseudo-Einzelzellen wie 9V-Blöcke oder 2CR5 Zwillings Lithium-Zellen können mit automatischen Systemen sortiert werden. Dafür werden die Batterien vereinzelt und so einzeln an speziell dafür entwickelten Sensor vorbeigeführt. Dort werden zum einen der jeweilige Batterietyp, zum anderen zurzeit noch speziell markierte quecksilberfreie Alkali-Mangan-Batterien erkannt. Im Anschluss an den Sensor werden die so erkannten Batterien in die verschiedenen Zwischenprodukte aufgetrennt.

In der Praxis haben sich zwei Sensorsysteme zur Ermittlung des Batterietyps großtechnisch bewährt:

1. Wägung plus elektromagnetischer Sensor
2. Röntgendurchleuchtung Redux Technology

Zusätzlich wird jeweils noch ein Sensor eingesetzt, der mit einem UV-sensitiven Farbstoff markierte quecksilberfreie Batterien erkennt. Auf diese Weise können Alkali-Mangan Batterien noch in eine quecksilberfreie und in eine quecksilberhaltige Fraktion aufgetrennt werden.

Je nach verwendetem Sensortyp können so in einer Sortiereinheit Sortiergeschwindigkeiten von 4 bis 6 Stück pro Sekunde (Wägung plus elektromagnetischen Sensor) bzw. 28 bis 32 Stück pro Sekunde (Röntgendurchleuchtung) sortiert werden. Diese im Vergleich zur visuell/manuellen Sortierung deutlich höheren Sortiergeschwindigkeiten machen es möglich, die sehr große Zahl an Einzelzellen vollständig zu sortieren und dabei die geforderten Qualitäten verschiedener Verwertungsanlagen einzuhalten

## 4. Ergebnis

Die Sortierung von Batteriegemischen gewährleistet langfristig eine quantitative und qualitative Verwertung von Batteriegemischen und lässt die Optionen für zukünftige neue Verwertungswege offen.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Recycling und Rohstoffe** – Band 6

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013

ISBN 978-3-935317-97-9

ISBN 978-3-935317-97-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2013

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ina Böhme, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske, Ulrike Engelmann, LL. M.

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.