

Versuchsserie Li-Batterien

Brandversuche zur
Gefährdungsabschätzung
auf Recyclinghöfen



**LAND
SALZBURG**

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
1.1. Gefahrenpotential durch Li-Batterien	3
1.2. Li-Batterien als / im Abfall	3
2. BRANDVERSUCH ZU LI-BATTERIEN	4
2.1. Versuch 1: Überhitzen eines Li-Akkus	4
2.2. Versuch 2: Kurzschluss eines Li-Akkus	4
2.3. Versuch 3: Kurzschluss eines Li-Akkus in einem Sicherheitsbeutel	5
2.4. Versuch 4: Mechanische Beschädigung eines aufgeblähten Li-Akkus	5
2.5. Versuch 5: Mechanische Beschädigung eines geladenen Li-Akkus	5
2.6. Versuch 6: Mechanische Beschädigung eines Li-Akkus in einem Sicherheitsbeutel	6
2.7. Versuch 7: Mechanische Beschädigung eines Li-Akkus in einem Sicherheitsbeutel mit erhöhter Brandlast	7
2.8. Versuch 8: Überhitzen eines Li-Akkus im Sicherheitsbeutel	7
3. VERSUCHSERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	8
4. EMPFEHLUNGEN UND TECHNISCHE LÖSUNGSANSÄTZE	9

Danksagung:

Diese Versuchsserie wurde durch den Landesfeuerwehrverband Salzburg (HBI Ing. Julian Slavicek) und das Abfallservice Salzburg (Dr. Walter Galehr) unterstützt und möglich gemacht.

Impressum:

Medieninhaber: Land Salzburg

Herausgeber: Abt. Natur- und Umweltschutz, Gewerbe vertreten durch Dr. Othmar Glaeser

Versuchsleitung: Dr. Andreas Kreuzeder, abfallwirtschaft@salzburg.gv.at

Bildnachweis/Fotos: Abt. 5, Land Salzburg

5020 Salzburg

Erscheinungstermin: Jan. 2016

1. Einleitung

1.1. Gefahrenpotential durch Li-Batterien

Lithium Batterien finden als Primärbatterien (nicht wieder aufladbar) und Sekundärbatterien (wieder aufladbar) Anwendung. Die Mengen an in Verkehr gebrachten Li-Batterien sind in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Mit entsprechender Zeitverzögerung fallen diese Batterien wieder als Abfall an. Ein Anstieg an Li-Akkus und Li-Primärbatterien in der unsortierten Sammlung ist in den vergangenen Jahren sichtbar geworden. Weiters werden zunehmend mehr Elektrogeräte in Verkehr gebracht welche Batterien enthalten. Dies stellt die Abfallsammelzentren vor neue Herausforderungen im Zusammenhang mit diesen Batterietypen.

Die hohe Energiedichte, welche eine zentrale Stärke der Li-Batterien ist, ist gleichzeitig die Quelle von Gefahren. Durch die hohe elektrochemisch gespeicherte Energie ist eine potenzielle Zündquelle in jeder Batterie enthalten. Zusätzlich beinhaltet jede Batterie Kunststoffe, organische Lösungsmittel und - im Fall von Li-Primärbatterien - metallisches Lithium welche zu einer hohen Brandlast führen. Ein Kurzschluss einer Batterie, ein Defekt sowie mechanische Beschädigungen können zu einer Selbstentzündung führen. Dabei sind ein externer Kurzschluss (direkter Kontakt der beiden Pole) und ein interner Kurzschluss (direkter Kontakt zwischen den Materialien der Anode und Kathode durch die Separatorfolie hindurch) zu unterscheiden. Von außen sind Schäden die zu internen Kurzschlüssen führen oft nicht zu erkennen und die Reaktion der Batterie kann zeitverzögert auftreten. Externe Kurzschlüsse sind ohne zusätzliche Maßnahmen nur schwer zu verhindern. Kommt es zu einem Brand von Li-Batterien entstehen sehr hohe Temperaturen, eine große Menge giftiger Rauchgase und Li-Batterien können unter Umständen weggeschleudert werden. Letzteres kann ohne geeignete Maßnahmen zu einer weiteren Brandausbreitung führen.

1.2. Li-Batterien als / im Abfall

In Altstoffsammelzentren ist im Normalfall keine Information zur Nutzung oder zu Beschädigungen der Batterien verfügbar und wenn doch, kann diese nicht ausreichend verifiziert werden. Daher sollten übergebene Li-Batterien grundsätzlich als „nicht sicher“ behandelt werden. Dabei sollten folgende Arten von Batterien unterschieden werden (siehe Entwurf der Abfallbehandlungspflichtenverordnung):

- **Kleine Batterien (bis 0.5 kg)** - Li und andere Batterietypen gemischt
Gemischte Sammlung
- **Große Li-Batterien (ab 0.5 kg)**
Getrennte Erfassung und Lagerung
- **Beschädigte Li-Batterien**
Getrennte Erfassung und Lagerung; Lagerung unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen

Batterien als Fehlwürfe

Während technische und organisatorische Brandschutzmaßnahmen das Risiko für gesondert gesammelte Batterien grundsätzlich beherrschbar machen, ist dies für Batterien die als Fehlwürfe in anderen Abfallfraktionen landen nicht der Fall. Bei den anfallenden Mengen und unter den bestehenden Bedingungen (Rücklaufquote von ca. 50% für alle Batterietypen) ist jedenfalls von einer erheblichen Menge an nicht ordnungsgemäß entsorgten Batterien auszugehen. Als zielführende Maßnahmen sind hier vorbeugende Brandschutzmaßnahmen sowie eine verstärkte Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung und die damit verbundene Steigerung der Rücklaufquote zu nennen. **Zukünftig ist aber das vermehrte Auftreten von Bränden bei Altstoffsammelzentren, sowie den Abfallsammlern und Abfallbehandlern zu erwarten.**

Diese Problematik ist den Herstellern von Batterien, den Entsorgungsbetrieben und den Behörden nicht verborgen geblieben. Aufgrund der rasanten technischen Entwicklung in diesem Bereich, den vielen Facetten dieser Problematik sowie der damit verbundenen, oft unverhältnismäßig hohen Kosten, hat sich bisher jedoch noch keine alltagstaugliche Lösung herauskristallisiert. Um für die Altstoffsammelzentren des Bundeslands

Salzburg, wo zumindest vorerst mit keinen hohen Anfallmengen an großen oder beschädigten Li-Batterien gerechnet wird, ökonomisch vertretbare aber sachlich fundierte Lösungskonzepte zu entwickeln wurde eine Versuchsserie mit Li-Batterien durchgeführt. Ziel war es, das Brandverhalten von Batterien wie sie an Altstoffsammelzentren anfallen sowie eine kostengünstige Verwahrungsmöglichkeit zu testen und daraus Schlussfolgerungen für die Arbeit am ASZ abzuleiten.

2. Brandversuch zu Li-Batterien

2.1. Versuch 1: Überhitzen eines Li-Akkus

Versuchsaufbau

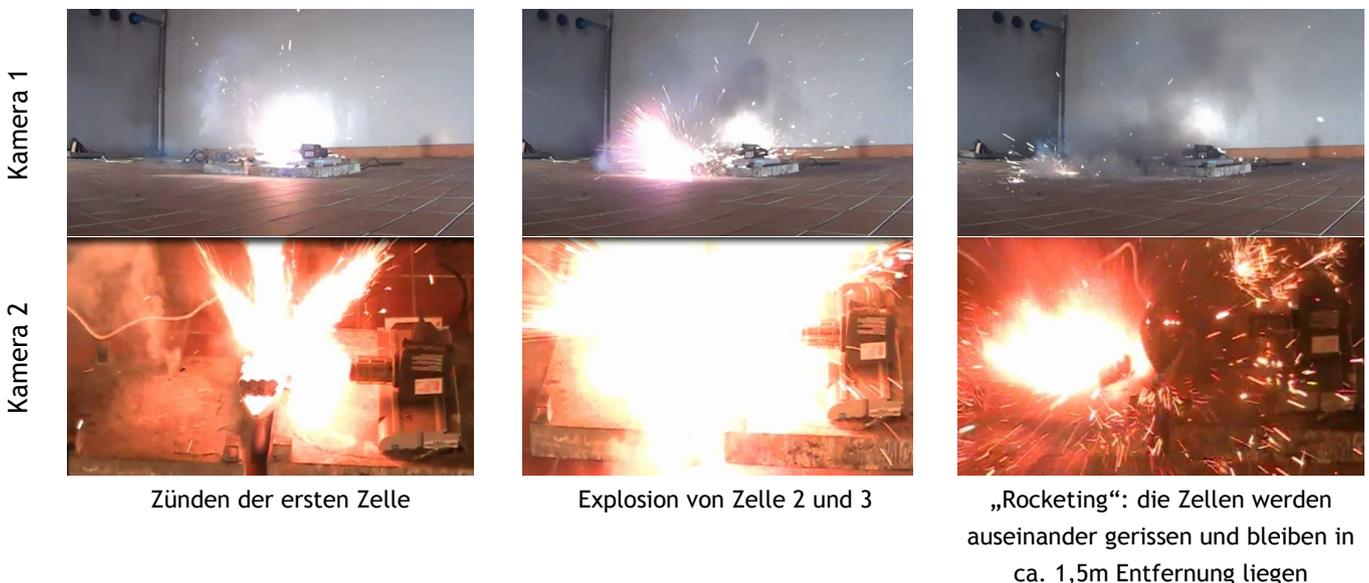
Das Überhitzen einer Li-Batterie wurde durch die Auflage eines Li-Powerbank Akkus auf ein Bügeleisen simuliert. Da die Hitzeeinwirkung offensichtlich zu gering war, wurde nach ca. 30 Minuten zusätzlich eine Heißluftpistole zur weiteren Wärmezufuhr eingesetzt.

Batteriedaten: Powerbank Akku von Samsung (10,4Ah, 3,7V), Li-Akku mit 4-Zellen des Typs 18650, SOC: 100%
Wärmequelle: Reisebügeleisen (1000 W, Erhitzung auf ca. 150°C); Heißluftpistole (Erhitzung auf etwa 250°C).
Die Zellen waren freiliegend und das Batteriemanagementsystem entfernt.

Versuchsablauf

Die Zellen wurden ohne äußere Schutzhülle auf ca. 150°C mit dem Bügeleisen erhitzt. Nach 30 Minuten entwich eine kleinere Menge Dampf/Rauch. Aufgrund der zu geringen Hitzezufuhr wurde eine Heißluftpistole zusätzlich eingesetzt um die Temperatur auf ca. 250°C zu erhöhen.

Nach weiteren 7 Minuten zündete die erste Zelle mit kleiner Stichflamme und Funkenflug durch. Nach einer weiteren Minute zündeten die Zellen 2 und 3 explosionsartig. Die Zellen wurden dabei auseinander gerissen und kamen ca. 1,5 m vom Ursprung zu liegen.



Link zum Video: <https://youtu.be/8ifligrYhrk> und https://youtu.be/_FCVoxopcZU

2.2. Versuch 2: Kurzschluss eines Li-Akkus

Versuchsaufbau

Der Kurzschluss einer Li-Batterie wurde durch Verbindung der Pole über ein Kabel simuliert. Vom Akku wurde die Außenhülle entfernt.

Batteriedaten: Powerbank Akku von Samsung, Li-Akku mit 4-Zellen des Typs 18650, SOC: 100%. Die Zellen waren freiliegend und das Batteriemanagementsystem entfernt.

Versuchsablauf

Durch den Kurzschluss kam es zu einer Erwärmung der Zellen auf ca. 25°C (Umgebungstemperatur ca. 4°C) aber zu keiner Hitze- oder Rauchentwicklung. Der Versuch wurde nach 12 Minuten abgebrochen.

2.3. Versuch 3: Kurzschluss eines Li-Akkus in einem Sicherheitsbeutel

Versuchsaufbau

Der Kurzschluss einer Li-Batterie wurde durch Verbindung der Pole über ein Kabel simuliert. Der Akku war dabei in einem Sicherheitsbeutel.

Batteriedaten: Modellbauakku (5Ah, 44,4V) von Wellpower, Li-Akku mit 6 Pouch-Zellen, SOC: ca. 100%. Der Akku wurde nicht modifiziert und die Zellen waren wie im Originalzustand lediglich in einer Folie eingeschweißt.

Versuchsablauf

Aufgrund der freiwerdenden Energie verschmorte das Kabel innerhalb kurzer Zeit und eine signifikante Temperaturerhöhung an der Außenseite des Sicherheitsbeutels war zu beobachten. Nach 3 Minuten kam es zu leichter Rauchentwicklung die etwa 10 Minuten anhielt. Nach 15 Minuten wurde der Versuch abgebrochen. Die Hitzeentwicklung war offensichtlich auf den Bereich der Pole und des Kabels beschränkt da diese verschmort und mit dem Sicherheitsbeutel verschmolzen waren. Der Beutel hielt dieser milden Belastung jedenfalls stand. Die Pouch-Zellen waren nach diesem äußeren Kurzschluss aufgebläht und heiß aber hatten nicht Feuer gefangen.

Link zum Video: https://youtu.be/IJ-5_48s5LA

2.4. Versuch 4: Mechanische Beschädigung eines aufgeblähten Li-Akkus

Versuchsaufbau

Der Kurzschluss einer Li-Batterie wurde durch eine mechanische Beschädigung (Penetration mit Nagel) simuliert. Der Akku war dabei frei liegend. Es wurden zwei aufgeblähte Akkus jeweils mit einem Nagel beschädigt.

Batteriedaten 1: E-Bike Akku (im ASZ der Stadt Salzburg abgegeben), Hersteller unbekannt, offensichtlich beschädigt da die Zellen aufgebläht sind; offensichtlich falscher Aufdruck für Pb-Akkus, SOC: unbekannt.

Batteriedaten 2: Modellbauakku (5Ah, 44,4V) von Wellpower, Li-Akku mit 6 Pouch-Zellen, aufgeblähter Akku aus Versuch 3.

Versuchsablauf

Die Penetration mit einem Nagel führte zu keiner merklichen Reaktion. Lediglich eine sehr schwache Erwärmung war zu beobachten. Ansonsten keine Reaktion.

2.5. Versuch 5: Mechanische Beschädigung eines geladenen Li-Akkus

Versuchsaufbau

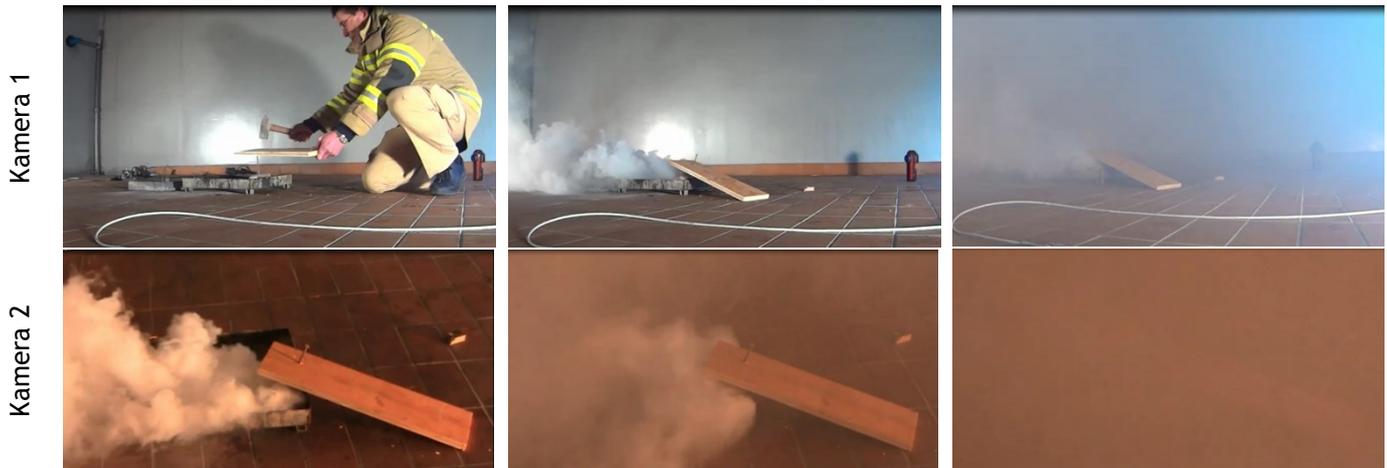
Der Kurzschluss einer Li-Batterie wurde durch eine mechanische Beschädigung (Penetration mit Nagel) simuliert. Der Akku war dabei frei liegend.

Batteriedaten: Modellbauakku (5Ah, 44,4V) von Wellpower, Li-Akku mit 6 Pouch-Zellen, SOC: ca. 100%. Der Akku wurde nicht modifiziert und die Zellen waren wie im Originalzustand lediglich in einer Folie eingeschweißt.

Versuchsablauf

Nach kürzester Zeit führte die Penetration mit einem Nagel zum Durchgehen des Akkus und zu extremer Rauchentwicklung. Obwohl der Versuch in einem stark durchlüfteten Raum (mit aktivierter Rauchgasabsaugung) sowie weit geöffnetem Tor stattfand, war nach weniger als zwei Minuten der Raum so stark verraucht, dass die Sicht auf <5m eingeschränkt war. Durch die Beschädigung kam es zu einem vollständigen Durchgehen aller

Zellen mit starker Hitzeentwicklung ($> 150^{\circ}\text{C}$) und nach dem Abklingen waren lediglich brüchige Reste von aufgeblähten Zellen übrig.



Beschädigung und unmittelbar einsetzende Rauchentwicklung.

Extreme Rauchentwicklung

Einschränkung der Sicht auf $< 3\text{m}$.

Link zum Video: <https://youtu.be/lMq59fd5qJ0> und <https://youtu.be/HeAWWqsilzU>

2.6. Versuch 6: Mechanische Beschädigung eines Li-Akkus in einem Sicherheitsbeutel

Versuchsaufbau

Der Kurzschluss einer Li-Batterie im Sicherheitsbeutel wurde durch eine mechanische Beschädigung (Penetration mit Nagel) simuliert.

Batteriedaten: Modellbauakku (5Ah, 44,4V) von Wellpower, Li-Akku mit 6 Pouch-Zellen, SOC: ca. 100%. Der Akku wurde nicht modifiziert und die Zellen waren wie im Originalzustand lediglich in einer Folie eingeschweißt.

Versuchsablauf

Nach kürzester Zeit führte die Penetration mit einem Nagel zum Durchgehen des Akkus und zu extremer Rauchentwicklung. Durch die Beschädigung kam es zu einem aufeinander folgenden vollständigen Durchgehen aller Zellen und nach dem Abklingen waren lediglich brüchige Reste von aufgeblähten Zellen übrig. Im Wesentlichen verlief dieser Versuch ähnlich zu jenem ohne Sicherheitsbeutel jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, dass die Temperatur außen am Beutel niedriger war (ca. 110°C). Die Rauchentwicklung betreffend, war das Verhalten aber gleich wie ohne Sicherheitsbeutel (extreme Rauchentwicklung mit Sichtweite $< 5\text{m}$ nach 2 Minuten). Der Sicherheitsbeutel hielt dieser Belastung jedenfalls einwandfrei stand.



Beginnende Rauchentwicklung



Erste Zelle zündet



Starke Rauchentwicklung mit Einschränkung der Sicht auf $< 5\text{m}$.

Link zum Video: <https://youtu.be/JAMhlf4ODK0>

2.7. Versuch 7: Mechanische Beschädigung eines Li-Akkus in einem Sicherheitsbeutel mit erhöhter Brandlast

Versuchsaufbau

Der Kurzschluss einer Li-Batterie im Sicherheitsbeutel wurde durch eine mechanische Beschädigung (Penetration mit Nagel) simuliert.

Batteriedaten: Modellbauakku (5Ah, 44,4V) von Wellpower, Li-Akku mit 6 Pouch-Zellen, SOC: ca. 100%. Der Akku wurde nicht modifiziert und die Zellen waren wie im Originalzustand lediglich in einer Folie eingeschweißt.

Zusätzlich wurde eine erhöhte Brandlast im Sicherheitsbeutel simuliert indem ein zweiter Modellbauakku (SOC unbekannt) sowie ein weiterer E-Bike Akku (im ASZ der Stadt Salzburg abgegeben, SOC unbekannt) in den gleichen Beutel gegeben wurden. Insgesamt waren damit ca. 1,5 kg an Pouch-Zellen Akkus in diesem Beutel.

Versuchsablauf

Nach kürzester Zeit führte die Penetration mit einem Nagel zum Durchgehen des Akkus und zu extremer Rauchentwicklung. Alle Zellen des durchstoßenen Akkus sind durchgegangen und haben weiters zu einer Ausbreitung des Brands auf die zwei benachbarten Zellen des E-Bike Akkus sowie zu Sengspuren an der Kunststoffolie der zweiten Modellbau-Akku geführt. Der Sicherheitsbeutel hielt dem Brand bzw. der Hitze stand aber es waren eindeutige Sengspuren und starke Verfärbungen ersichtlich. Außen am Beutel wurde die Temperatur von 160°C gemessen.



Beginnende Rauchentwicklung



Erste Zelle zündet



Starke Rauchentwicklung mit Einschränkung der Sicht.

Link zum Video: <https://youtu.be/LWQafk3llcg>

2.8. Versuch 8: Überhitzen eines Li-Akkus im Sicherheitsbeutel

Versuchsaufbau

Das Überhitzen einer Li-Batterie im Li-Sicherheitsbeutel wurde durch die Auflage eines Li-Powerbank Akkus auf ein Bügeleisen simuliert. Da die Hitze einwirkung offensichtlich zu gering war, wurde nach ca. 30 Minuten ein leistungsstärkeres Bügeleisen zur weiteren Wärmezufuhr eingesetzt.

Batteriedaten: 1x Powerbank Akku von Samsung (10,4Ah, 3,7V), Li-Akku mit 4-Zellen des Typs 18650, SOC: 100%; zusätzlich wurde jener Akku aus Versuch 2 (identer Akku aber SOC nach Kurzschlussversuch unbekannt) verwendet.

Wärmequelle: Reisebügeleisen (1000 W); danach Bügeleisen (Leistung unbekannt). Die Zellen waren freiliegend und das Batteriemanagementsystem entfernt.

Versuchsablauf

Die Zellen wurden im Beutel mit dem Bügeleisen erhitzt. Da nach mehr als 1 Stunde noch keine Reaktion erkennbar war, wurde als Wärmequelle ein leistungsstärkeres Bügeleisen eingesetzt. Danach war nach wenigen Minuten eine sehr starke Reaktion zu beobachten. Es kam zu starker Rauchentwicklung aber es waren keine Flammen erkennbar. Vereinzelter Funkenflug war nur in der Zeitlupenaufnahme der Kamera sichtbar.



Erste Zelle zündet



Beginnende Rauchentwicklung



Starke Rauchentwicklung

Link zum Video: https://youtu.be/K3kqfgH86_0

3. Versuchsergebnisse und Schlussfolgerungen

Es ist festzuhalten, dass es sich bei dieser Versuchsserie nicht um eine wissenschaftliche Untersuchung handelt. Zweck war die Untersuchung einer möglichen Sicherheitsmaßnahme zur Verwahrung beschädigter Li-Akkus in Kevlar-Sicherheitsbeuteln. Aus diesen Erkenntnissen lassen sich aber einige grundlegende Schlussfolgerungen für die Arbeit an Altstoffsammelzentren ableiten.

Allgemein gilt jedenfalls, dass man durch die hohen Fertigungsstandards grundsätzlich davon ausgehen kann, dass Lithium-Batterien bei ordnungsgemäßem Umgang und sachgerechter Handhabung vergleichsweise sicher sind.

Hitze

Für unbeschädigte Akkus der Bauart 18650 ist eine sehr hohe Hitzeeinwirkung erforderlich um ein Durchgehen zu provozieren. In der Literatur werden Temperaturen $>80\text{ }^{\circ}\text{C}$ als kritisch und $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ als gefährlich bezeichnet. In diesen Versuchen hat sich gezeigt, dass Temperaturen weit über $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ und für eine Dauer von mehr als 30 Minuten erforderlich waren um ein Durchgehen der Akkus zu erreichen.

Mechanische Beschädigung

Die Gefahr einer Beschädigung durch mechanische Einwirkung ist bei gekapselten Akkus und Batterien als weniger kritisch einzustufen. Insbesondere kleine Batterien deren Hülle leicht brechen kann und ganz besonders Akkus mit Pouch-Zellen ohne Hülle können sehr leicht beschädigt werden. Für den Alltag am ASZ stellen mechanische Beschädigungen ein äußerst großes Risiko dar.

Bedeutung des Ladezustands (State of Charge, SOC)

Der Ladezustand ist für das Gefahrenpotenzial wesentlich. Während entladene oder nicht vollständig geladene Akkus in unseren Versuchen keine oder nur sehr schwache Reaktionen zeigten, führten mechanische Beschädigungen oder Kurzschlüsse voll geladener Akkus innerhalb kurzer Zeit zu sehr heftigen Reaktionen. Da im ASZ der Ladezustand der abgegebenen Akkus weder erhoben noch kontrolliert werden kann, sollten alle Akkus wie voll geladene Akkus behandelt werden.

Äußerer Kurzschluss

Äußere Kurzschlüsse haben in dieser Versuchsserie einmal zu keiner Reaktion und einmal zu Hitze- und Rauchentwicklung, jedenfalls aber zu einer deutlichen Reaktion des Akkus geführt. Äußere Kurzschlüsse sind also definitiv ein Risiko im Altstoffsammelzentren und sind wirksam durch Abkleben der Pole zu unterbinden.

Brandrauch

In jenen Versuchen die zu einem Durchgehen der Akkus führten war eine extrem starke Entwicklung von wahrscheinlich hochgiftigem Rauch zu beobachten. Von einer Lagerung von abgegebenen und insbesondere von beschädigten Akkus entlang von Fluchtwegen (zB. im Handel), bei Ausgängen oder in Räumen ohne Rauchabzug

ist unbedingt abzusehen. Basierend auf diesen Brandversuchen mit kleinen Akkus ist der Brandrauch als die wohl größte Gefahr im Zusammenhang mit Li-Akkus auf Altstoffsammelzentren zu bewerten.

Rocketing

In Versuch 1 war das explosionsartige Durchzünden der Zellen und das damit verbundene „Rocketing“ von Zellen zu beobachten. Eine Brandausbreitung durch wegfliegende Akkus / Zellen ist durch die Lagerung in geeigneten Gebinden (Gitterboxen, Sicherheitsbeutel, Container oder Fässer) wirksam zu unterbinden. Die Behälter dürfen nur kurzzeitig geöffnet werden und weitere Brandlasten sind in entsprechendem Abstand zu lagern.

Kevlar-Sicherheitsbeutel

Diese Versuchsserie diente insbesondere dazu die Möglichkeit der Lagerung beschädigter Li-Batterien in Sicherheitsbeuteln aus Kevlar-/Stahlgewebe zu prüfen. Diese Versuche lassen folgende Schlüsse zu:

1. Die getesteten Beutel zweier Bauarten (SGT AkkuSafe http://www.sgt-taschen.de/content/cms/front_content.php?idcat=38) halten den entstehenden Temperaturen sehr gut stand.
2. Eine Brandausbreitung durch wegfliegende Zellen/Akkus (Rocketing) kann wirksam unterbunden werden.
3. Die entstehende Hitze wird durch die Beutel verteilt und dadurch leicht gemindert.
4. Auf die Entstehung und Verbreitung von Brandrauch haben die Beutel keinen Einfluss.

4. Empfehlungen und technische Lösungsansätze

Diese Empfehlungen beziehen sich auf den Umgang mit Li-Batterien in Altstoffsammelzentren. Während kleine Li-Batterien (<0.5 kg) weiterhin in der gemischten Batteriesammlung erfasst werden sollen (siehe Entwurf zur AbfallbehandlungspflichtenVO), ergeben sich für größere und beschädigte Li-Batterien geänderte Bedingungen. Dies ist bei den Lagerbedingungen für große Li-Batterien und für beschädigte Li-Batterien folgendermaßen zu berücksichtigen:

- Lagerung in einem Stahlfass (60L) oder einer Stahlkiste
Das Lagerungsgebäude darf nicht luftdicht abgeschlossen sein (sonst Explosionsgefahr).
Die Zwischenräume im Lagerungsgebäude sollten mit Vermiculit oder Sand verfüllt werden.
Größere Lagerungseinheiten werden nicht empfohlen da die Menge an nebeneinander gelagerten Batterien gering gehalten werden sollte.
- Vermeidung mechanischer Belastung. Umschütten oder Einwerfen von Akkus in den Lagerungsbehälter ist zu verhindern. Vorsichtiger Umgang mit Li-Batterien aller Typen ist geboten.
- Das Abkleben der Pole mit Klebeband, die einzelne Verpackung in Plastiksäcken oder Einwickeln in Kunststoffolie wird unbedingt empfohlen.
- Um den Lagerungsort sollten keine weiteren brennbaren Materialien gelagert werden. Mindestabstand ist 1m - ideal 2,5m.
- Die Lagerung sollte im Außenbereich, idealerweise überdacht (Schutz vor Feuchtigkeit und direkter Sonneneinstrahlung) und auf einer befestigten, nicht in den Untergrund entwässernden Fläche stattfinden.
- Der Lagerungsort sollte keinesfalls in einem geschlossenen Raum sein.

Versuchsserie Li-Batterien

- Die Menge an gelagerten Li-Batterien sollte zu jedem Zeitpunkt gering gehalten werden. Entsprechend verkürzte Abholungsintervalle sind erforderlich.

Für beschädigte Li-Batterien wird darüber hinaus folgendes empfohlen:

- Lagerung einzeln in einem nicht abgeschlossenen Stahlgebäude und umschlossen von einer großen Menge an Vermiculit oder Sand.
- Alternativ, können Li-Batterie-Sicherheitsbeutel (aus stahlfaserverstärktem Kevlargewebe) für die Dauer der Lagerung am Recyclinghof verwendet werden.

Wenn die anfallende Menge von Li-Batterien sehr gering ist, wird empfohlen Li-Batterie-Sicherheitsbeutel vorrätig zu halten. Dies gilt auch für den Fall, dass die räumlichen Gegebenheiten eine platzsparende Lösung erfordern.

Bei leistungsfähigeren Batterien der kleinen Batterienklasse < 0,5 kg (zB Bohrmaschinenakku) wird das Abkleben der Batteriepole oder einzelne Verpackung in Plastiksäcken empfohlen.