

# Merkblatt

## Lithium-Ionen-Akkumulatoren – Sicher nutzen, sicher lagern

### Ausgangslage

Lithium-Ionen-Akkumulatoren zeichnen sich durch ihre hohe Energiedichte bei geringem Eigengewicht und einer schnellen Ladetechnik aus. Sie sind Bestandteil unseres Alltags, sei es in Smartphones und Tablets oder im Bereich Elektromobilität. Und sie sind natürlich auch in der Forschung an der ETH allgegenwärtig. Der Vorteil der hohen Energiedichte birgt gleichzeitig das Risiko von Bränden, die teure Folgeschäden verursachen oder im schlimmsten Fall Menschenleben fordern können.

### Die wichtigsten Sicherheitsregeln

Lithium-Ionen-Akkumulatoren sind wie Gefahrstoffe zu betrachten und zu behandeln. Wichtige Faustregeln für den alltäglichen Umgang mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren, deren Lagerung und zum Laden sind:



Abbildung 1: Zarges-Box zur Lagerung und dem Transport von Lithium-Ionen-Akkumulatoren.  
Quelle: Heidi Hostettler

- Thermische Belastungen (Hitze, direkte Sonneneinstrahlung, und Kälte) vermeiden
  - Kontakt mit Feuchtigkeit vermeiden
  - Nur vom Hersteller zugelassene Ladegeräte verwenden
  - Umsicht bei Ladevorgängen (Tiefenentladung vermeiden, Ladevorgang gemäss Herstellervorgaben durchführen, feuerfeste Unterlagen verwenden, Brandlasten aus Ladebereich entfernen)
  - Ladevorgang überwachen
  - Akkumanagement betreiben (Einkauf, Ladezyklen dokumentieren)
  - Je nach Anzahl und Leistungsstärke zertifizierten Sicherheitsschrank zum Lagern und Laden von Lithium-Ionen-Akkumulatoren verwenden ([sgu-umwelt@ethz.ch](mailto:sgu-umwelt@ethz.ch))
  - Beschädigungen (z.B. durch Stösse, Schläge, Kollisionen) vermeiden
  - Beschädigte oder eventuell beschädigte Lithium-Ionen-Akkumulatoren NICHT mehr verwenden
  - Fachgerechte Entsorgung beachten (siehe Merkblatt «[Entsorgung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren](#)»)
  - Geeignete Löschmittel bereitstellen ([sgu-safety@ethz.ch](mailto:sgu-safety@ethz.ch))
- Ausschliesslich Lithium-Ionen-Akkumulatoren mit Prüfungsnachweis nach UN 38.3 dürfen gelagert werden
  - für Prototypen und modifizierte Akkus: Gefährdungsbeurteilung durchführen, SGU kontaktieren ([sgu-umwelt@ethz.ch](mailto:sgu-umwelt@ethz.ch))

## Was tun im Brandfall

- Informieren Sie umgehend die Alarmzentrale der ETH von internen Anschlüssen: **888**  
von extern oder Mobiltelefon: **041 44 342 11 88**  
Machen Sie folgende Angaben:  
**Wo?** Ort des Ereignisses (Gebäude, Stockwerk, Raum-Nr., Lift usw.)  
**Was?** Art des Ereignisses (Brand Lithium-Ionen-Akkumulator bzw. welche Art von Hilfe ist erforderlich?)  
**Wer?** Ihr Name, Ihre Telefonnummer  
**Wann?** Zeitpunkt des Ereignisses  
**Wie viele?** Anzahl Betroffene  
**Weiteres?** Zusätzliche Informationen von Bedeutung für die Intervention
- Folgen Sie den Anweisungen der Alarmzentrale

## Aufbau und Funktionsweise eines Lithium-Ionen-Akkumulators

Es existiert eine Vielzahl verschiedener Energiespeichersysteme, in denen Lithium in reiner oder gebundener Form verwendet wird. Prinzipiell werden primäre (nicht wieder aufladbare, Lithium-Ionen-Batterien) und sekundäre (wieder aufladbare; Lithium-Ionen-Akkumulatoren) Lithium-Ionen-Zellen unterschieden.

Ein sogenannter «Akkupack» setzt sich je nach Leistung aus mehreren Lithium-Ionen-Zellen zusammen. Jede Lithium-Ionen-Zelle besitzt eine Anode (positive Elektrode) und eine Kathode (negative Elektrode) zwischen denen sich ein ionenleitender Elektrolyt befindet. In Lithium-Ionen-Akkumulatoren wird ein flüssiger Elektrolyt verwendet. Ein weiterer Bestandteil ist der Separator, der den direkten Kontakt der beiden Pole und somit auch einen Kurzschluss verhindert. Beim Entladen werden auf der Anodenseite Lithium-Ionen und Elektronen abgegeben. Die Elektronen fließen durch den äusseren Stromkreis und «verrichten die elektrische Arbeit». Die Lithium-Ionen wandern zur Kathode. Der Auflade-Vorgang verläuft umgekehrt.

Die Anode besteht in der Regel aus Graphit. Für die Kathode werden verschiedene Stoffe verwendet, beispielsweise Eisen, Mangan, Kobalt oder Nickel. Die genaue Zusammensetzung des Kathodenmaterials bestimmt die Lebensdauer, die Ladezeiten und Leistungsfähigkeit eines Lithium-Ionen-Akkumulators. Der Elektrolyt besteht aus einem organischen Lösemittel und einem Leitsalz. Als Leitsalz wird meist Lithiumhexafluorophosphat ( $\text{LiPF}_6$ ) verwendet. Dagegen kommen verschiedene Lösemittelgemische zum Einsatz, deren genaue Zusammensetzung in der Regel das Geheimnis des Herstellers bleibt. Üblicherweise liegen die Flammpunkte der Lösemittelbestandteile zwischen  $+160^\circ\text{C}$  und  $0^\circ\text{C}$ .

## Gefahren im Umgang mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Bei den heutigen Fertigungsstandards kann man davon ausgehen, dass kommerziell erhältliche Lithium-Ionen-Akkumulatoren bei ordnungsgemäsem Umgang und sachgerechter Handhabung als vergleichsweise sicher anzusehen sind. Trotzdem sollte der Umgang mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren immer mit gebotener Vorsicht erfolgen. Eine stete Gefahr liegt in der Bauweise selbst, da auf engstem Raum Materialien mit hoher Energiedichte und hochentzündliche Elektrolyte zusammengebracht sind. Kommt es aufgrund von technischen Defekten oder unsachgemässer Handhabung zu einer unkontrollierten und beschleunigten Abgabe der chemisch gespeicherten Energie, erfolgt dies in aller Regel als thermische Energie, was zu einem Brand führen kann. Im schlimmsten Fall kommt es zu einer nicht mehr kontrollierbaren Kettenreaktion, dem sogenannten «Thermal Runaway».

Welche Temperatur zu einem Thermal Runaway führt, ist von Lithium-Ionen-Akkumulator zu Lithium-Ionen-Akkumulator unterschiedlich. Kritisch kann es bereits ab  $60^\circ\text{C}$  werden, ab  $100^\circ\text{C}$  wird es extrem kritisch. Beim Thermal Runaway wird der Lithium-Ionen-Akkumulator mit Überschreiten einer Temperaturgrenze sehr schnell sehr warm. Die Hitze löst weitere Reaktion aus (z.B. kann sich das Leitsalz ( $\text{LiPF}_6$ ) unter Bildung von Fluorwasserstoff ( $\text{HF}$ ) zersetzen), innerhalb kürzester Zeit werden mehrere hundert Grad erreicht und der Lithium-Ionen-Akkumulator entzündet sich bzw. explodiert. Ab wann der Lithium-

Ionen- Akkumulator tatsächlich Feuer fängt, hängt von der Ursache des Ereignisses ab. Ursachen können ein interner oder externer Kurzschluss sowie zu hohe Ströme beim Laden oder Entladen sein:

- **Interner Kurzschluss:** Durch eine mechanische Einwirkung verformt sich der Lithium-Ionen-Akkumulator, Material dringt in eine Batteriezelle und löst einen internen Kurzschluss aus.
- **Externer Kurzschluss:** Durch die Verformung des Lithium-Ionen-Akkumulators entsteht ein äusserer Kurzschluss.
- **Überladen des Lithium-Ionen-Akkumulators** über die im Datenblatt angegebene Maximalspannung hinaus, z.B. um für ein Elektroauto mehr Reichweite zu gewinnen.
- Zu hohe Ströme beim **Laden oder Entladen** des Lithium-Ionen-Akkumulators, z.B. beim Schnellladen.

## Löschmittel

Lithium-Ionen-Zellen erzeugen den zum Brand benötigten Sauerstoff selbst, daher sind Löschversuche mit herkömmlichen Mitteln oft erfolglos. Bei der Auswahl des geeigneten Löschmittels sind Leistung und Menge der Batterien / Akkumulatoren sowie die betrieblichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

### *Löschen mit Wasser*

Bezüglich des Einsatzes von Wasser als Löschmittel gibt es verschiedene Ansichten. Da Lithium sehr reaktionsfreudig ist, wird oft abgeraten, es mit Wasser in Kontakt zu bringen. Neuere Untersuchungen legen jedoch nahe, dass grössere Mengen Wasser in der Lage sind, Lithium-Brände einzudämmen und wirksam zu bekämpfen. An der ETH wird Wasser nicht als Löschmittel für derartige Brände empfohlen.

### *Feuerlöscher*

Nach Rücksprache mit [sgu-safety@ethz.ch](mailto:sgu-safety@ethz.ch).

### *Aerosol Löschtechnik*

Die Aerosol Löschtechnik kommt in ständig betriebsbereiten technischen Anlagen zur Brandunterdrückung zum Einsatz. Solche Anlagen entsprechen der Norm EN 15276-10, d.h. das Löschen erfolgt ohne Wasserzusatz. Der Löschgenerator unterbricht den chemischen Verbrennungsprozess innerhalb weniger Sekunden. Solche Systeme sind leicht zu installieren und wartungsarm.

### *Löschgranulate*

Löschgranulate isolieren die Batterie thermisch. Sie funktionieren autark und sind bei Kontakt mit der Batterie sofort aktiv. Um einen Entstehungsbrand erfolgreich zu löschen, muss die Batterie von genügend Granulat umgeben sein. Einige Löschgranulate sind universell einsetzbar, sie eignen sich zur Brandbekämpfung aber auch als Füllmaterial zur Lagerung und zum Transport.

## Sicherheitsregeln zum Umgang und zur Lagerung

Lithium-Ionen-Akkumulatoren sind wie Gefahrstoffe zu betrachten und für den Umgang mit ihnen ist vom Nutzer eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Aus letzterer werden geeignete Massnahmen abgeleitet und eine entsprechende Sicherheitsanweisung erstellt. Neue Mitarbeitende sowie Studierende müssen im fachgerechten Umgang geschult werden. Wichtige Faustregeln für den alltäglichen Umgang mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren finden sich in der Übersicht am Anfang des Merkblattes.

Auch im Hinblick auf die Lagerung sind Lithium-Ionen-Batterien / -Akkumulatoren wie Gefahrstoffe anzusehen. Je nach Leistungsklasse, Lithium-Ionen-Batterie / -Akkumulator geringer, mittlerer oder hoher Leistung, sind zusätzliche spezifische Lagerbedingungen zu beachten (siehe Tabelle 1). Zu den Lithium-Ionen-Batterien / -Akkumulatoren geringer Leistung gehören hauptsächlich solche, die in den Bereichen Computer, Multimedia oder Kleinwerkzeug Verwendung finden. Batterien / Akkumulatoren mittlerer Leistung werden z.B. für Fahrräder mit elektrischem Hilfsantrieb (E-Bike/Pedelec), Light Electric Vehicle (LEV), grössere Gartengeräte, aber auch als Zellen für die Fertigung von Akkumulatoren hoher Leistung verwendet. Die Einsatzbereiche letzterer sind derzeit hauptsächlich Elektromobilität (Automotive) sowie netzunabhängige Grossgeräte.

## Sicherheit, Gesundheit und Umwelt

Tabelle 1: Lagerbedingungen für Lithium-Ionen-Batterien / -Akkumulatoren in Abhängigkeit von ihrer Leistung (Prüfungsnachweis nach UN 38.3 muss vorliegen)

Lithium-Ionen-Batterien / -Akkumulatoren		
≤ 100 Wh je Energiespeicher (geringe Leistung)	> 100 Wh je Energiespeicher und ≤ 12 kg brutto je Energiespeicher (mittlere Leistung)	> 100 Wh je Energiespeicher und/oder > 12 kg brutto je Energiespeicher (hohe Leistung)
Einhaltung der Herstellervorgaben (technische Produktdatenblätter)		
Batteriepole vor Kurzschluss sichern		
Sofortiges Entfernen beschädigter oder defekter Lithium-Ionen-Akkumulatoren aus Lagerbereichen → siehe Merkblatt « <a href="#">Entsorgung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren</a> »		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine spezifischen Lagerbedingungen</li> <li>Geeigneten Feuerlöscher oder Löschgranulat vor Ort bereithalten (<a href="mailto:sgu-safety@ethz.ch">sgu-safety@ethz.ch</a>)</li> </ul> <p><i>Bei grösseren zusammenhängenden Lagermengen (Volumina über 7 m<sup>3</sup> oder mehr als sechs Euro-Paletten) gelten die Bedingungen für Lithium-Ionen-Batterien / -Akkumulatoren mittlerer Leistung.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lagerung in feuerbeständig abgetrennten Bereichen, z.B. ein zertifizierter Sicherheitsschrank zur Lagerung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren oder ein Sicherheitsschrank zum Lagern und Laden von Lithium-Ionen-Akkumulatoren oder mit Einhaltung eines Sicherheitsabstandes (räumliche Trennung von 5 m)</li> <li>Keine Mischlagerung mit anderen brandbeschleunigenden Produkten</li> <li>Anschluss des Sicherheitsschranks über potentialfreie Kontakte an die Brandmeldeanlage oder via dezentrales Alarmierungssystem (<a href="mailto:sgu-safety@ethz.ch">sgu-safety@ethz.ch</a>)</li> </ul> <p><i>Bei grösseren Lagermengen (belegte Fläche &gt; 60 m<sup>2</sup> und / oder Lagerhöhen &gt; 3 m) gelten die Bedingungen für Lithium-Ionen-Batterien / -Akkumulatoren hoher Leistung.</i></p>	<p>Derzeit liegen kaum gesicherte Kenntnisse in Bezug auf adäquate Schutzmassnahmen vor.</p> <p>Es muss eine Risikoanalyse durchgeführt und ein Sicherheitskonzept «Lagerung» erstellt werden.</p> <p>→ SGU kontaktieren (<a href="mailto:sgu-umwelt@ethz.ch">sgu-umwelt@ethz.ch</a>)</p>

#### Gesetzliche Grundlagen / Literatur

- Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV)
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)
- Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen
- EPTA und ZVEI, Merkblatt «Versand von Lithium-Ionen-Batterien für Elektrowerkzeuge und elektrische Gartengeräte: Umsetzung der Gefahrgutvorschriften», 2019

ETH Zürich  
Sicherheit, Gesundheit und Umwelt  
(SGU)

Telefon: +41 44 632 30 30  
E-Mail: [sgu-umwelt@ethz.ch](mailto:sgu-umwelt@ethz.ch)  
[www.sicherheit.ethz.ch](http://www.sicherheit.ethz.ch)  
Stand: April 2021