



# LITHIUM-BATTERIEN

## Gefahren und Schutzmaßnahmen

Die sich immer weiter verbreitenden Lithium-Batterien bieten viele Vorteile als Energiespeicher. Neben der Technik und den Anwendungsbereichen beschreibt der Beitrag mögliche Gefahrenquellen. Als Gefahrgut eingestuft, sind für die Batterien ausführlich erörterte Schutzvorkehrungen im Sinne des Personen- und Brandschutzes zu erfüllen.

Lithium-Batterien sind verglichen mit konventionellen Batteriesystemen eine vergleichsweise junge Technologie. Trotz ihrer erst relativ kurz zurückliegenden Markteinführung zeigen sie im Bereich der Gerätebatterien das größte Marktwachstum und

Lithium-Batterien halten in allen Bereichen des täglichen Lebens vermehrt Einzug. Insbesondere der Boom bei mobilen elektronischen Kleinanwendungen (Smartphones, Notebooks, Kameras, Werkzeuge etc.) hat zur massenhaften Verbreitung von Lithium-

die Anwendung von Lithium-Batterien im Bereich Automotive (z. B. Hybridantriebe, Hoch-Volt-Elektroantriebe u. a.).

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Lithium-Batterien bei ordnungsgemäßem Umgang und sachgerechter Handhabung als vergleichsweise sicher anzusehen sind. Dennoch bergen die kleinen „Kraftwerke im Handtaschenformat“ spezifische Gefahren, die besondere Herausforderungen für Personensicherheit und Brandschutz darstellen.

### Technische Grundlagen

#### Batteriearten

Heute gibt es für die unterschiedlichsten Anwendungen eine nahezu unüberschaubare Vielfalt von Batterietypen. Diese unterscheiden sich in Kathode, Anode und Elektrolyt sowie in Bauform, Leistung und Größe.

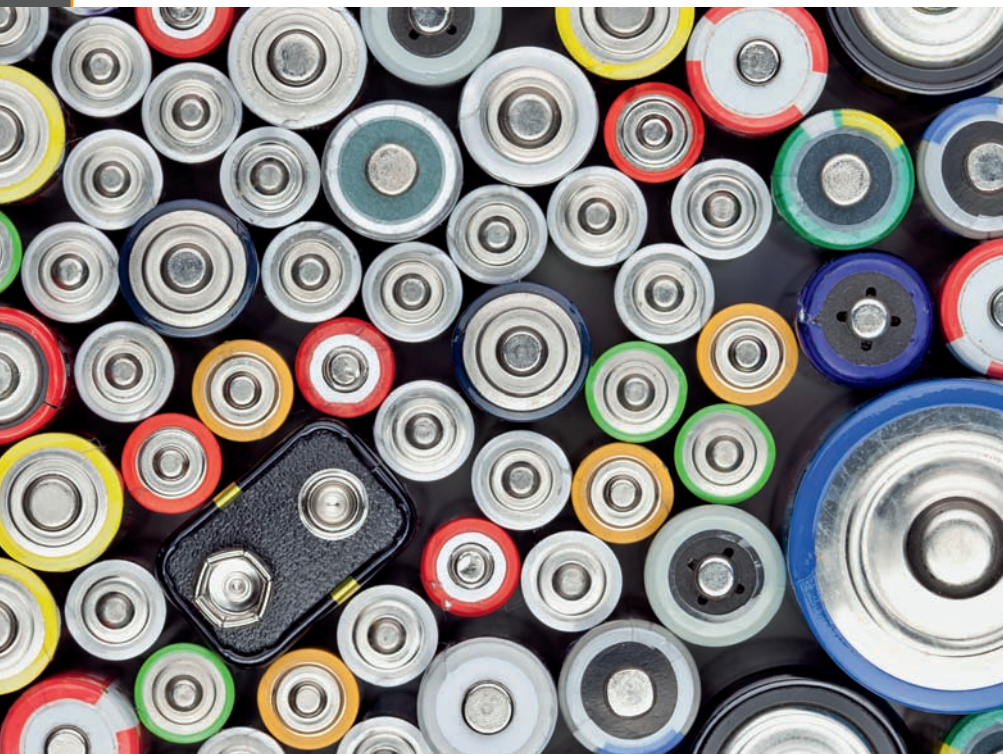
Gemeinhin sind zwei verschiedene Batteriearten bekannt: Primärbatterien (nicht wiederaufladbare Batterien) und Sekundärbatterien (wiederaufladbare Batterien).

#### Warum Lithium?

Die Bezeichnung „Lithium-Batterie“ ist der Sammelbegriff für eine Vielzahl verschiedener Batteriesysteme, in denen Lithium in reiner oder gebundener Form als Aktivmaterial der Batterieelektrode verwendet wird. Die Vorteile von Lithium-Batterien (z. B. Lithium-Ionen-Akkus) im Vergleich zu

beginnen, die etablierten Systeme zu verdrängen. Verschiedene Marktanalysen zeigen Prognosen, wonach sich der Bedarf an Lithium-Batterien gemessen am Bedarf von 2008 bis zum Jahr 2013 verdoppeln wird.

Batterien geführt. Aber auch für den Einsatz im Segment Kleinfahrzeuge (Antrieb für Fahrräder, Roller, Rasenmäher, Gabelstapler usw.) gewinnen Lithium-Batterien zunehmend an Bedeutung. Eine geradezu explosionsartige Entwicklung erfährt





konventionellen chemischen Energiespeichern (z. B. Nickel-Metallhydrid-Akkus) resultieren aus den elektrochemischen Leistungsparametern.

Die hohe Zellspannung bei Lithium-Batterien von typischerweise 3,6 V erlaubt die Konstruktion von Batterien mit nur einer einzelnen Zelle. Moderne Mobiltelefone arbeiten heute ausschließlich mit einem Lithium-Akku und sind nur noch mit einer Einzelzelle bestückt. Eine Batterie auf Basis von herkömmlichen Nickelelektroden würde für die gleiche Anwendung drei in Serie geschaltete 1,2-V-Zellen benötigen.

Lithium-Sekundärbatterien kennen im Gegensatz zu konventionellen Akkus keinen Memory-Effekt (Kapazitätsverlust durch zyklisches Laden/Entladen) und erreichen einen hohen Wirkungsgrad von bis zu 95 % (Verhältnis von Entlademenge zu Lademenge).

Der weite Temperatur-Einsatzbereich, in dem Lithium-Batterien fehlerfrei arbeiten (-40 °C bis +70 °C), insbesondere das gute Tieftemperaturverhalten und die geringe Selbstentladung (z. T. über zehn Jahre Lagerfähigkeit) machen Lithium-Batterien für zahlreiche Anwendungsgebiete unersetzlich.

### Anwendungen

Unter den zahlreichen Batteriesystemen besitzen insbesondere Lithium-Batterien anwendungstechnische Vorteile, die die Einsatzmöglichkeiten von Batterien revolutioniert haben. Allgemein sind bei Lithium-Batterieanwendungen in Bezug auf die Leistung drei Kategorien zu nennen:

#### Lithium-Batterien geringer Leistung (Batterien < 1 kg)

Die ersten Lithium-Batterien, die in nennenswerten Stückzahlen produziert wurden, kamen vornehmlich in mobilen elektronischen Kleingeräten zum Einsatz (Smartphones, Notebooks, Digitalkameras, elektrische Werkzeuge etc.).

#### Lithium-Batterien mittlerer Leistung (> 1 kg, unter 60 V Batteriespannung)

Batterien dieser Kategorie sind vor allem im Segment Kleinfahrzeuge (Light Electric Vehicles, LEV) als Antrieb für Fahrräder, Roller, Rasenmäher, Gabelstapler etc. in Gebrauch. Außerdem werden sie als Zellen-Systeme in Form von sogenannten „Battery-Packs“ für die Fertigung von Batterien hoher Leistung genutzt.

#### Lithium-Batterien hoher Leistung (ab 60 V Batteriespannung)

Batterien dieser Kategorie sind durch eine besonders hohe Leistung gekennzeichnet. Sie ergibt sich durch die Kombination und Verknüpfung von Einzelzellen mittlerer Leistung zu einem „Battery-Pack“. Anwendungen finden sich vornehmlich im Bereich Automotive (z. B. Hybridantriebe, Hochvolt-Elektroantriebe etc.).

### Gefahren

Als Folge von mechanischen Beschädigungen (z. B. durch Schlag, Sturz, Quetschen etc.), elektrischen Fehlern (z. B. durch Kurzschluss, Tiefentladung, Überla-

dung, Umpolung etc.) oder thermischen Einwirkungen (z. B. durch innere Überhitzung, sekundäre Wärmestrahlung von außen etc.) kann es zum Austreten des Elektrolyten, zu Feuererscheinungen oder zu einer Explosion kommen.

Neben fehlerhafter Handhabung und unsachgemäßem Umgang liegt eine weitere Ursache für Brandgefahren in Fehlern bei der Herstellung von Lithium-Zellen. So kann eine fehlerhafte Elektrodenherstellung (z. B. Einschluss von Metallpartikeln oder sonstigen leitfähigen Verunreinigungen) im späteren Betrieb einen internen Kurzschluss hervorrufen und so einen Brand verursachen. Einzelne Batteriekomponenten können beispielsweise durch unsachgemäßen Zusammenbau beschädigt sein. Der Defekt kann aufgrund eines inneren Kurzschlusses zu einer lokalen Überhitzung der Zelle und damit zu einem Brand führen.

Weitere Gefahrenquellen ergeben sich aus den chemischen und physikalischen Eigenschaften einzelner Batteriekomponenten, aus der Konstruktion der Batteriezellen selbst, sowie aus der Anwendung von elektrischer Spannung und elektrischem Strom.

#### Elektrische Spannung

Neben den üblichen Brandgefahren, die typischerweise von elektrischen Geräten und elektronischen Bauteilen ausgehen, können Batterien mit hohen Spannungen vor allem für Personen eine Gefahr darstellen.

#### Elektrischer Strom

Die Gefahr durch den elektrischen Strom besteht in der Bildung von Lichtbögen (z. B. bei Leitungsunterbrechung) und in ▶



der Überlastung bzw. in Kurzschlüssen. Alle derartigen elektrischen Fehler können eine lokale Temperaturerhöhung mit sich bringen und damit einen Brand auslösen.

#### Inhaltsstoffe

Lithium-Primärbatterien haben ein Gefahrenpotenzial, das sich prinzipiell aus der Verwendung von Lithium-Metall ableitet. Lithium ist hochreaktiv und neigt zu heftigen autokatalytischen Reaktionen. Auch wenn Lithium bei Sekundärbatterien nicht als reines Metall, sondern als chemische Verbindung vorliegt, kann es auch bei diesen Lithium-Modifikationen bei Kontakt mit Wasser zur Bildung von Wasserstoffgas kommen. Bedingt durch die Verwendung von fluorhaltigen und/oder phosphorhaltigen Leitsalzen, können im Brandfall gasförmige Stoffe freigesetzt werden. Als giftige „Fracht“ im Brandrauch stellen sie ein erhebliches Risiko für Personen und Umwelt dar.

#### Brandlast

Die in Lithium-Batterien eingesetzten Materialien bzw. einzelne Batteriekomponenten sind zum Teil brennbar und leicht entzündbar. Der Elektrolyt besteht zumeist aus einer Mischung von brennbaren organischen Lösungsmitteln. Sie sind in der Regel leicht entzündlich und können mit Luft explosive Gemische bilden. Allein im Hinblick auf die brandschutztechnischen Parameter wie Flammpunkt, Zündtemperatur, Explosionsgrenzen und Heizwerte weisen die eingesetzten Elektrolytmaterialien auf eine hohe Brandlast hin.

#### Schutzmaßnahmen

Für die Beschreibung von Schadenverhütungsmaßnahmen und Sicherheitsregeln empfehlen sich bei Lithium-Batterien generell zwei Ansätze:

Bei der konventionellen Schadenverhütung sind allgemeine Sicherheitsregeln heranzuziehen. Die anwendungstypische Schadenverhütung erfordert produktspezifische Sicherheitsregeln.

Hinsichtlich des Umgangs mit und der Lagerung von Lithium-Batterien im betrieblichen Umfeld gilt grundsätzlich:

*Der Unternehmer ist nach § 5 Arbeitsschutzgesetz ArbSchG (§ 3 Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) verpflichtet, in einer Gefährdungsbeurteilung die Gefahren, die von den technischen Einrichtungen und Geräten ausgehen können, einzuschätzen bzw. zu beurteilen und daraus abzuleitende notwendige Schutzmaßnahmen umzusetzen. Das gilt sinngemäß grundsätzlich auch für Lithium-Batterien.*



#### Konventionelle Schadenverhütung und allgemeine Sicherheitsregeln

##### Bauliche Brandschutzvorkehrungen

- Brandschutztechnische Abtrennung: Lagerung erfolgt in feuerbeständig abgetrennten Räumen oder räumlich abgetrennten Bereichen (z. B. Gefahrostofflager, -container).
- Kapselung einzelner Batterien oder einzelner Fertigungschargen: Sicherheitsschränke, Kassetten oder Container sollten aus nichtbrennbaren Materialien gefertigt sein.
- Freistreifen: Zwischen einzelnen Fertigungsbereichen und Lagerblöcken muss ein ausreichender räumlicher Abstand (mindestens 2,5 m) bestehen.

##### Organisatorische Schutzmaßnahmen

- Äußere Kurzschlüsse sind wirksam zu verhindern: Verwendung von Polkappen.
- Mechanische Beschädigungen müssen ausgeschlossen sein: Beschädigte Produkte (auch bei geringsten Beschädigungen) sind umgehend fachgerecht zu entsorgen.
- Dauerhaft hohe Temperaturen und die Exponierung durch externe Wärmequellen (z. B. direkte Sonneneinstrahlung, Heizung etc.) sind zu vermeiden. Allgemein gilt: Die Lagerung hat kühl (unter 21 °C) und trocken (Klimaanlage) zu erfolgen.
- Sicherheitsentlüftungen sind freizuhalten: Ein ausreichender Sicherheitsabstand ist vorzusehen.
- Eine separate Lagerung ist sicherzustellen: Mischlagerung ist zu vermeiden.
- Der Umgang mit Lithium-Batterien muss analog dem Umgang mit Gefahrstoffen entsprechen: Die Mitarbeiter sind in Bezug auf fachgerechten Umgang zu schulen, spezifische Betriebsanweisungen müssen erstellt werden.

- Das Spezial-Löschpulver Klasse D (Lith-X) sollte zur Verfügung stehen: Wirksam ist es allerdings nur bei kleineren Entstehungsbränden unter Beteiligung von nur wenigen Zellen.

Sofern Lithium-Batterien an Produktionsplätzen bereitgestellt werden müssen, sind folgende zusätzliche Vorgaben zu beachten:

- Bei Einbeziehung der „Allgemeinen Sicherheitsregeln“ ist deren Anzahl auf das notwendige Minimum („Tagesbedarf“) zu begrenzen.
- Der Lagerbereich im Umkreis von 2,5 m ist von Lagerungen jeglicher Art freizuhalten.
- Feuerbeständig ausgeführte Lager-schränke/Container sind zu verwenden.
- Im Nahbereich sind zusätzliche Feuerlöscher bereitzustellen (Auf geeignete Löschmittel ist zu achten).
- Sind in den betroffenen Bereichen Löschanlagen vorhanden, sind die Vorgaben der jeweiligen Sicherheitsdatenblätter in Bezug auf geeignete Löschmittel zu berücksichtigen.

#### Technische Sicherheitssysteme

Was anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen (Löschanlagen) für den Umgang oder die Lagerung von lithiumhaltigen Energiespeichern anbetrifft, steht Folgendes fest: Hinsichtlich der Wirksamkeit von technischen Schutzkonzepten und der Effektivität von anlagentechnischen Lösungen liegen aktuell nur wenig gesicherte Erkenntnisse und keine standardisierten Konzepte vor.

Als Minimalmaßnahme ist sicherzustellen, dass eine Brandmeldeanlage alle Bereiche, in denen mit Lithium-Zellen hantiert wird (Herstellung, Fertigung, Lager etc.), flächendeckend mit automatischer Alarmweiterleitung zu einer ständig besetzten Stelle überwacht.

#### Elektronisches Batterie-Sicherheitsmanagement

Aufgrund der vielfältigen elektrotechnischen Gefahren benötigt eine Lithium-Batterie spezielle elektronische Schutzschaltungen (Sekundärbatterie).

Das Sicherheitsniveau und damit das Gefahrenpotenzial einer modernen Lithium-Batterie ist direkt mit der Leistungsfähigkeit eines intelligenten Batterie-Management-Systems verknüpft. Dessen Funktionen sind unter anderem Überladungsschutz, Temperaturüberwachung, Spannungsüberwachung und Tiefentladungsschutz.

#### Anwendungstypische Schadenverhütung und produkt-spezifische Sicherheitsregeln

##### Lithium-Batterien geringer Leistung (Batterien < 1 kg):

Für Batterien dieser Kategorie werden keine speziellen Sicherheitsvorschriften geltend gemacht, sofern alle Vorgaben des Herstellers und sicherheitszertifizierender Stellen eingehalten werden. Bei größeren zusammenhängenden Lagermengen (Vo-

lumina über 7 m<sup>3</sup> bzw. mehr als sechs Euro-Paletten) gelten die Hinweise für Lithium-Batterien mittlerer Leistung.

##### Lithium-Batterien mittlerer Leistung (> 1 kg, unter 60 V Batteriespannung):

- Batterien mittlerer Leistung sind in feuerbeständig abgetrennten Räumen oder räumlich abgetrennten Bereichen (z. B. Gefahrstofflager, -container) zu lagern.
- Mischlagerungen mit anderen Produkten sind nicht zulässig.
- Der Lagerbereich ist durch eine geeignete Brandmeldeanlage mit Aufschaltung auf eine ständig besetzte Stelle zu überwachen.
- Bei Vorhandensein von Feuerlöschanlagen sind die Angaben für geeignete Löschmittel in den jeweiligen Sicherheitsdatenblättern zu berücksichtigen.
- Bei größeren Lagermengen (belegte Fläche > 60 m<sup>2</sup> und/oder Lagerhöhen > 3 m) sind die Hinweise für Lithium-Batterien hoher Leistung gültig.

##### Lithium-Batterien hoher Leistung (ab 60 V Batteriespannung):

- Für Batterien hoher Leistung liegen nach derzeitigem Stand noch keine gesicherten Kenntnisse im Hinblick auf adäquate Schutzmaßnahmen vor.
- Schutzmaßnahmen und Brandschutzkonzepte sind daher einzelfallbezogen mit individuellen Lösungsansätzen zu erarbeiten. ▶





## Fazit

Bei ordnungsgemäßem Umgang und sachgerechter Handhabung sind Lithium-Batterien als vergleichsweise sicher einzuschätzen. Die ausgereifte Fertigungstechnologie und in die Batterie eingebaute Schutzmechanismen erlauben für den Anwender einen für gewöhnlich gefahrlosen Umgang mit den chemischen Energiespeichern.

Gleichwohl können sich aus der Verwendung bestimmter chemischer Verbindungen (z. T. reaktiv, toxisch, feuergefährlich) im Zusammenhang mit hohen Energiedichten (unkontrollierte Ladungsfreisetzung verursacht in der Regel hohe Temperaturen) sowie durch mögliche technische Defekte spezifische Gefahrenpotenziale ergeben, die eine besondere Sicherheitsbetrachtung erfordern.

Bei fehlerhafter Handhabung, durch unsachgemäßen Umgang oder bei technischen Defekten kann eine unkontrollierte oder beschleunigte Abgabe der elektrischen Ladung entstehen. Durch dann folgende lokale Überhitzungen ist ein Brandereignis häufig unausweichlich.

Insofern stellen die hier beschriebenen Risiken, die von Lithium-Batterien ausgehen, eine besondere Herausforderung für den Brandschutz dar.

### Empfehlungen für geeignete Schutzkonzepte

Über effektive Löschanlagen und wirksame technische Schutzkonzepte gibt es momentan nur wenig gesichertes Wissen. Eine qualifizierte Beurteilung des Gefahrenpotenzials von Lithium-Batterien ist trotzdem erforderlich. Doch zum gegenwärtigen Zeitpunkt lassen sich kaum allgemeingültige Aussagen zu geeigneten

Löschanlagenkonzepten treffen oder seriöse Empfehlungen für effektive technische Brandschutzmaßnahmen abgeben.

Ob mit vorhandenen „konventionellen“ Löschanlagen (Wasserlöschanlagen, Gaslöschanlagen etc.) ein Brand von Lithium-Batterien beherrschbar ist, ist derzeit nicht abschließend geklärt. Ob bestehende Brandschutzkonzepte unter Berücksichtigung des „Veränderungsrisikos Lithium-Batterie“ weiterhin geeignet sind, ist aus heutiger Sicht nicht seriös zu beantworten.

Die Suche nach geeigneten technischen Schutzkonzepten für den Umgang oder für die Lagerung von Lithium-Batterien macht bis auf weiteres die einzelfallbezogene Gefahrenanalyse und die individuelle Ausnahmelösung unerlässlich. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, Lithium-Batterien bei Herstellung, Fertigung, Lagerung und Transport wie einen Gefahrstoff zu behandeln. Im Sinne von Schadenverhütung ist besonderes Augenmerk auf effektive bauliche Brandschutzvorkehrungen und insbesondere auf die Umsetzung umfassender organisatorischer Schutzmaßnahmen zu legen.

## Ausblick

Eine GDV-Expertengruppe mit Vertretern der Versicherungswirtschaft, der Elektroindustrie, der Automobilindustrie und von Löschanlagenherstellern untersucht derzeit das Risiko von Lithium-Batterien. Als Ergebnis dieser fachlichen Zusammenarbeit sollen angemessene Schutzkonzepte und geeignete Schadenverhütungsmaßnahmen formuliert werden, die das Risiko beim Umgang und bei der Lagerung von Lithium-Batterien reduzieren sollen. Darauf aufbauend hat die Expertengruppe als erste Hilfestellung für die Lagerung und Bereitstellung von Lithium-Batterien ein Merkblatt zur Schadenverhütung erarbeitet, das in der Reihe der Schadenverhütungspublikationen des VdS unter dem Titel „VdS 3103: Lithium-Batterien – Merkblatt zur Schadenverhütung“ demnächst veröffentlicht wird. ■

Dr. Michael Buser  
Geschäftsführer

Risk Experts Risiko Engineering GmbH  
Engelsberggasse 4, A-1030 Wien  
E-Mail: m.buser@riskexperts.at  
Website: www.riskexperts.at

