Lithium-Ionen-Akkus stecken in Smartphones, Notebooks, Elektrofahrrädern aber auch in Haushaltsgeräten, elektrisch betriebenem Werkzeug und Spielzeug. Letztendlich profitieren von der Entwicklung auch die voranschreitende Elektromobilität im Automobilbau. Die Speicherkapazitäten sind im Vergleich zu konventionellen Akkumulatoren größer – ebenso aber auch die **Gefahr**bei dem Umgang damit. Werden die Akkus unsachgemäß behandelt oder sogar beschädigt, können sie **explodieren** oder in **Brand** geraten.

**Gesetzliche und normative Vorgaben**

Allgemein gelten das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und die DGUV Vorschrift 1. Weitere wichtige Vorschriften und Praxishilfen:

* DGUV Vorschrift 3 – für Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln
* DGUV Regel 103-011 – Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln
* VDE-AR-E 2510-50 „Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien –Sicherheitsanforderungen“ – Anforderungen an den Speicher
* Anwendungsregel VDE-AR-E-2510-2 „Stationäre elektrische Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz“ Anforderungen u.a. an den Anschluss
* PV-Speicherpass von BSW Solar/ZVEH.

**Grundlagen**

Batterien sind chemische Energiespeicher, die in einer elektrochemischen Reaktion die gespeicherte Ladung in Form von elektrischer Energie abgeben können. Heute gibt es für die unterschiedlichsten Anwendungen eine nahezu unüberschaubare Vielfalt von Batterietypen, die sich in Kathode, Anode und Elektrolyt sowie in Bauform, Leistung und Größe unterscheiden. Es gibt eine Fülle möglicher Kombinationen der einzelnen Komponenten, deren Beschreibung und Katalogisierung aufgrund der enorm schnellen technischen Weiterentwicklung nur schwer auf dem aktuellen Stand zu halten ist. Der Begriff Batterie bezeichnet ursprünglich die Zusammenschaltung mehrerer einzelner Batteriezellen. Jedoch hat sich inzwischen ein Bedeutungswandel des Begriffs vollzogen, so dass mit Batterie auch eine einzelne Zelle gemeint sein kann.

*Primärzellen* (Batterie) können nur einmal entladen und nicht wieder aufgeladen werden. Dagegen sind die wieder aufladbaren *Sekundärzellen* (Akkumulatoren) weitgehend in den Ladezustand ähnlich dem Neuzustand zu bringen, so dass eine mehrfache Umwandlung von chemischer in elektrische Energie und zurück möglich ist.

**Anwendungen**

Die Vorteile von Lithium-Akkumulatoren (z. B. Lithium-Ionen-Akkus) im Vergleich zu konventionellen chemischen Energiespeichern (z. B. Nickel-Metallhydrid Akkus) ergeben sich aus den elektrochemischen Leistungsparametern. Die hohe Zellenspannung bei Lithium-Akkumulatoren von typischerweise 3,6 V erlaubt die Konstruktion von Akkumulatoren mit nur einer einzelnen Zelle. Moderne Mobiltelefone arbeiten heute ausschließlich mit Lithium-Ionen-Akkus und sind nur noch mit einer Einzelzelle bestückt. Ein Akkumulator 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 zwischen Entlademenge zu Lademenge). Der weite Temperaturbereich, in dem Lithium-Akkumulatoren eingesetzt werden können (- 40 °C bis +70 °C), insbesondere das gute Tieftemperaturverhalten und die geringe Selbstentladung (über 10 Jahre Lagerfähigkeit) machen Lithium-Akkumulatoren für zahlreiche Anwendungsgebiete unersetzlich. Unter den zahlreichen Energiespeichersystemen besitzen insbesondere Lithium- Akkumulatoren anwendungstechnische Vorteile, die die Einsatzmöglichkeiten von Akkumulatoren revolutioniert haben. Grundsätzlich unterscheidet man bei Lithium-Akkumulator-Anwendungen in Bezug auf die Leistung drei Kategorien:

**Mobile elektronische Kleinanwendungen:**Die ersten Lithium-Akkumulatoren, die in nennenswerten Stückzahlen produziert wurden, kamen vornehmlich in mobilen elektronischen Kleinanwendungen zum Einsatz. Insbesondere im Segment Mobiltelefone, Digitalkameras und Notebooks. In Verarbeitungsbetrieben oder Produktionsanlagen werden moderne Lithium-Akkumulatoren für unterschiedlichste Einsatzgebiete verwendet. Insbesondere bei tragbaren Werkzeugmaschinen (Akku-Schrauber, Akku-Bohrmaschinen, etc.) aber auch für mobile Beleuchtungstechnik, für mobile Steuerungsgeräte sowie für mobile Kommunikationstechnik ist der Einsatz von Lithium-Akkumulator unverzichtbar.

**Akkumulatoranwendungen im mittleren Leistungsspektrum:**Insbesondere für den Einsatz im Segment Kleinfahrzeuge (Light Electric Vehicles; LEV) als Antrieb für Fahrräder, Roller, Rasenmäher, Gabelstapler, etc. gewinnen Lithium-Akkumulatoren zunehmend an Bedeutung.

**Hochenergieakkumulator für Kraftfahrzeuge mit Elektroantrieb:**Moderne Lithium-Akkus für Kraftfahrzeuge erreichen eine Energiedichte von über 120 Wh/kg (zum Vergleich: konventionelle Autobatterien auf der Basis von Bleiakkumulatoren erreichen ca. 30 Wh/kg). Immer größer werdende Anwendungen benötigen naturgemäß immer größere Energiespeichersysteme, die einerseits einen wesentlich höheren Energieinhalt haben und andererseits auch in der Lage sind, große Leistungen abzugeben.

Um bei leistungsstarken Hochenergie-Akkumulatorsystemen (z. B. im Bereich Kraftfahrzeuge) die hohen Spannungen von mehreren Hundert Volt zu erreichen, werden die Speichersysteme üblicherweise durch Serien-/Parallelschaltungen von Standard-Einzelzellen aufgebaut.

**Gefahren**

***Elektrische Spannung:*** Zwischen den Polen einer Batterie liegt eine elektrische Gleichspannung an. Neben den üblichen Brandgefahren, welche typischerweise von elektrischen Geräten und elektronischen Bauteilen ausgehen, können Batterien mit hohen Spannungen, durch die serielle Verschaltung von einzelnen Akkumulatorzellen, vor allem für Personen eine erhebliche Gefahr darstellen. Damit haben die Akkumulatorsysteme je nach Anwendung Nennspannungen von bis zu 800 Volt DC und können beim Berühren zu einem elektrischen Schlag führen (Hinweis: Bereits Gleichspannungen von 120 V sind lebensgefährlich).

***Elektrischer Strom:*** Für die Anwendung in Elektrofahrzeugen müssen Akkumulatorsysteme kurzzeitig hohe Ströme in der Größenordnung von mehreren Hundert Ampere liefern. Die Gefahr durch den elektrischen Strom besteht in der Bildung von nicht selbstverlöschenden Lichtbögen (z. B. bei Leitungsunterbrechung), in der Überlastung, bzw. in Kurzschlüssen (z. B. bei einem Schluss an den Polen des Akkumulators den keine Sicherung abschaltet).

Allgemein sind Lithium-Akkumulatoren, bei ordnungsgemäßem Umgang, als sicher anzusehen. Dennoch können sich Gefahren durch mechanische Beschädigungen, elektrische Fehler sowie thermische Einwirkungen ergeben.

**Ursachen für Batteriebrände**

***Fehlerhafte Handhabung:*** Gefährliche Situationen resultieren insbesondere aus fehlerhafter Handhabung und unsachgemäßem Umgang. Als Folge von mechanischen Beschädigungen (z. B. durch Schlag, Sturz, Quetschen, etc.), elektrischen Fehlern (z. B. durch Kurzschluss, Tiefentladung, Überladung, Verpolung, etc.) oder thermischen Einwirkungen (z. B. durch innere Überhitzen, sekundäre Wärmestrahlung von außen, etc.), kann es zum Austreten von Elektrolyten, zu Überdruckreaktionen (Abblasen gasförmiger Reaktionsprodukte), zum Brand oder zu einer Explosion kommen. Bei einer Überladung eines Lithium-Akkus kann es beispielsweise zu einer Kathodenzersetzung unter Freisetzung von starken Oxidationsmitteln mit einer daraus resultierenden stark exothermen Reaktion von Elektrolyten kommen. Hierdurch kann innerhalb der Lithium-Zelle eine sich selbstverstärkende Reaktion verursacht werden, wobei beim sogenannten "Durchgehen des Akkus" heiße Gase entstehen, die zum Platzen der Zelle und zum Herausschleudern von gegebenenfalls brennenden Batteriekomponenten führen können.

***Mechanische Beschädigung:*** Bei mechanischen Beschädigungen von Akkumulatoren besteht die Gefahr, dass es zu inneren Kurzschlüssen und damit zu einem Brand kommt. Eine Beschädigung des Gehäuses kann durch Fertigungsfehler (z. B. unsachgemäßer Zusammenbau einzelner Komponenten), durch mechanische Belastung (z. B. Schlag, Sturz, Quetschen, etc.) oder durch Überdruck in der Zelle verursacht werden.

***Sekundäre thermische Belastung:*** Bei thermischer Belastung von außen (z. B. durch Wärmestrahlung im Brandfall) kann es bei Lithium-Akkumulatoren zum Schmelzen einzelner Komponenten (z. B. Separatoren (Trennschicht zwischen Anode und Kathode siehe Abbildung 1)) und damit zu einem inneren Kurzschluss kommen, was leicht zu einem Brand führen kann.

***Äußerer Kurzschluss:*** Hierzu kann es kommen, wenn es (z. B. durch einen metallischen Gegenstand) zu einer Überbrückung der Anschlusspole und somit zu einem sehr geringen Widerstand im äußeren Stromkreis kommt.

***Innerer Kurzschluss durch Zellfehler oder Crash:*** Eine der Hauptursachen für interne Kurzschlüsse sind Fertigungsfehler bei der Herstellung von Lithium-Zellen. Wenn beispielsweise während des Herstellungsprozesses metallische Partikel oder sonstige leitfähige Verunreinigungen zwischen Separator und Batterieelektrode eingeschlossen werden, kann es im späteren Betrieb zu einer lokalen Beschädigung der Separatorfolie und damit zu einem internen Kurzschluss kommen.

***Überladung:*** Eine Zelle oder Batterie wird mit höherem Strom geladen als vom Hersteller spezifiziert. Hierbei kann es zu einer Verdampfung der organischen Elektrolytflüssigkeit und auch zur Schädigung der kristallinen Schichtstruktur kommen, was in Verbindung mit einer stark exothermen Reaktion zum Freisetzen von elementarem Sauerstoff führt. Bei diesem Vorgang kann es aufgrund einer starken lokalen Temperaturerhöhung zu einem Brand und unter bestimmten Umständen auch zu einer explosionsartigen Entlastungsreaktion kommen.

***Tiefentladung der Zelle:*** Bei Tiefentladung wird die Entladeschlussspannung unterschritten, wobei sich irreversibel die Elektrolytflüssigkeit zersetzt. Wird solch eine tiefentladene Lithium-Ionen-Zelle geladen, kann die zugeführte Energiemenge durch das Fehlen von Elektrolytflüssigkeit nicht mehr in chemische Energie gespeichert werden und die Ladeenergie wird in Wärme umgesetzt.

***Gefälschte Lithium-Ionen-Batterien und Ladegeräte:*** Einige Unternehmen (insbesondere aus dem Segment Unterhaltungselektronik) führen auf ihren Internet-Seiten Warnhinweise zu gefälschten Lithium-Ionen-Akkumulatoren und Ladegeräten auf. Hierbei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Produkte nicht mit den entsprechen Sicherheitselementen ausgerüstet sind und es beim Gebrauch bzw. Laden zu verschiedenen Problemen kommen kann: Ungewöhnlich starkes Erhitzen, Bersten und Auslaufen der Batterieflüssigkeit, Explosion oder Feuer, Verletzungen des Benutzers, z. B. Verbrennungen oder Erblinden. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass für Fehlfunktionen oder Unfälle keine Haftung übernommen wird, die durch den Gebrauch von nicht originalen Lithium-Ionen-Akkus und Akku-Ladegeräten (einschließlich gefälschter Produkte) entstehen.

**Schutzmaßnahmen**

1. ***Gefährdung beurteilen***

Vor Beginn der Arbeiten muss der Unternehmer die spezifischen Gefährdungen beim Arbeiten an den Lithium-Batteriespeichersystemen vor Ort beurteilen. Unfallgefahren und Gesundheitsrisiken sind zu ermitteln und geeignete Maßnahmen zum Schutz seiner Mitarbeiter sind zu treffen und umzusetzen. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll zu prüfen, ob für bereits installierte Speichersysteme Dokumentationen, beispielsweise in einem PV-Speicherpass, vorliegen und das System bereits nach VDE-AR-E 2510-50 errichtet wurde, mit Informationen u. a. zu: Art der Batterieanlage, Zellenanzahl, Netzanbindung sowie Möglichkeiten des Freischaltens der Anlage oder von Anlagenteilen.

1. ***Technische Maßnahmen zur Gefahrenreduzierung[[1]](#footnote-1)***

Technische Maßnahmen zur Gefahrenreduzierung können sich sowohl auf den Akku, als auch auf die Einrichtung und Einsatzort beziehen.

* Einhaltung der Herstellervorgaben (technische Produktdatenblätter).
* Schutz vor Kurzschluss der Batteriepole.
* Nicht unmittelbar und dauerhaft hohen Temperaturen oder Wärmequellen aussetzen (dazu gehört auch direkte Sonneneinstrahlung).
* Einhaltung einer baulichen oder räumlichen Trennung (mind. 2,5 m) zu anderen brennbaren Materialen, falls keine automatische Löschanlage vorhanden ist.
* Sofortiges Entfernen beschädigter oder defekter Batterien aus Lager- und Produktionsbereichen (Zwischenlagerung bis zur Entsorgung in sicherem Abstand oder einem brandschutztechnisch abgetrennten Bereich).
* Ausschließlich Lagerung von Batterien mit Prüfungsnachweis nach UN 38.3 (Prototypen nur in Ausnahmefällen und mit Gefährdungsbeurteilung).
* Vermeidung von Mischlagerung mit anderen brandbeschleunigenden Produkten.
* Überwachung des Lagerbereiches durch eine geeignete Brandmeldeanlage mit Aufschaltung auf eine ständig besetzte Stelle.
* Bei Vorhandensein von Feuerlöschanlagen: Berücksichtigung der Angaben zu geeigneten Löschmitteln in den technischen Produktdatenblättern.
1. ***Organisatorische Maßnahmen zur Gefahrenreduzierung***

Grundsätzlich gilt: werden Lithium-Batterien außerhalb ihrer Spezifikationen betrieben, können sie gefährlich sein. Gefahren resultieren hierbei aus fehlerhafter Handhabung und unsachgemäßen Umgang wie z. B. mechanische Beschädigung oder thermische Belastung (innerer Kurzschluss) oder Überladung. Beispiele für organisatorische Schutzmaßnahmen sind:

* Einhaltung aller Vorgaben der jeweiligen Hersteller und Sicherheitsdatenblätter
* Verhinderung äußerer Kurzschlüsse
* Umgehende fachgerechte Entsorgung beschädigter Produkte
* Separierte Lagerung
* Schulung der Mitarbeiter im fachgerechten Umgang mit Lithium-Batterien

**Fazit**

Hinsichtlich des Umgangs mit und der Lagerung von Lithium-Akkumulatoren im betrieblichen Umfeld gilt grundsätzlich: Der Betreiber ist nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der 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-Akkumulatoren.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Teilnehmer** | **Bereich / Abt.** | **Unterschrift** \*) |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

\*) Mit seiner Unterschrift bestätigt der/die Teilnehmer/in, dass der Inhalt der Schulung verstanden wurde.

**Ablauf**: Die Elektrokurzschulungen sind für die verantwortlichen Elektrofachkräfte (VEFK) gedacht, um diese in Ihrer Schulungs- und Unterweisungsarbeit zu unterstützen. Die Kurzschulungen können von der VEFK selbst oder von entsprechend befähigten Beschäftigten durchgeführt werden. Es ist darauf zu achten, dass nicht nur die eigenen Elektro-Mitarbeiter, sondern auch die Leiharbeiter geschult werden.

1. In Anlehnung an das GDV-Merkblatt zur Schadensverhüttung VdS 3103 „Lithium Batterien“ [↑](#footnote-ref-1)