

## Viel Energie auf kleinstem Raum

**Fast unsichtbar und doch allgegenwärtig liefern sie unzähligen Dingen unseres täglichen Lebens Energie und halten vieles am Laufen: Lithium-Ionen-Batterien ermöglichen uns – egal wo und solange wir wollen – mit Strom und ohne Kabel zu telefonieren, zu radeln, zu rollern und vieles mehr. Wegen ihrer Leistungsstärke und Langlebigkeit sind Batteriegeräte beliebt und extrem nachgefragt.**

Mit weltweit steigender Produktion und massenhaftem Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien mehren sich allerdings auch die schlechten Nachrichten. Einer Vielzahl von Produktrückrufen und Unfallberichten ist zu entnehmen, dass sich Batterien entzünden, in Brand geraten und explodieren können. Mögliche Folge: hoher Sachschaden, schwere bis hin zu tödlichen Verletzungen.



Foto: AdobeStock/Wellenhofer Designs

*In Leingarten (Kreis Heilbronn) wurden vier Menschen teilweise schwer verletzt, als eine Batterie explodierte. Die Batterie wurde über Nacht an einer Steckdose in der Küche aufgeladen. Laute Knackgeräusche weckten den Familienvater, der das Gerät nach draußen schaffen wollte. Dabei entzündete es sich und explodierte. Die Küche des Hauses wurde bei der Explosion komplett zerstört, das Haus unbewohnbar. Spätere Ermittlungen ergaben, dass die Batterie für Elektrofahrzeuge gedacht war, mit einem falschen Gerät aufgeladen wurde und überhitzte.<sup>1</sup>*

*Ein 20-jähriger Kölner erlitt bei der Explosion seiner E-Zigarette Schnitt- und Brandwunden im Gesicht und verlor mehrere Zähne. Zuvor hatte der Mann angeblich Ersatzteile für seine E-Zigarette gekauft, darunter eine neue Batterie. Beim Ziehen am neu zusammengestellten Gerät kam es zur Explosion.<sup>2</sup>*

*In einem neunstöckigen Mehrfamilienhaus in München kam es beim Aufladen eines E-Scooters zu einer schlagartigen Entzündung der Batterien und zu einem schweren Wohnungsbrand. Dabei wurden zehn Personen leicht verletzt. Der E-Scooter gehörte einem Schüler, dessen Jugendzimmer vollständig ausbrannte. Geschätzter Sachschaden: 200.000 Euro.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Nacherzählt aus: Spiegel Panorama <https://t1p.de/explosion-leingarten> (Aufruf 08.03.2022)

<sup>2</sup> Nacherzählt aus: stern.de, <https://t1p.de/explosion-zigarette>, (Aufruf 08.03.2022)

<sup>3</sup> Nacherzählt aus: sueddeutsche.de, 18.09.2019, <https://t1p.de/explosion-e-scooter> (Aufruf 08.03.2022)

## Sensible Technik

Hohe Energiedichte, kompakte Bauweise, geringe Selbstentladung, Wiederaufladbarkeit sind die entscheidenden Eigenschaften der Lithium-Batterie-Technologie. Weil sie so praktisch, leicht und langlebig sind, werden Lithium-Ionen-Batteriemulatoren (Batterien) inzwischen in allen möglichen Geräten als Energieträger eingesetzt. Egal, ob Smartphone, Smartwatch, Tablet, E-Zigarette oder Hörgerät, wir tragen sie überall mit uns herum. Auch für den Antrieb größerer Fahr- und Werkzeuge, etwa E-Scooter, E-Bikes, Elektroautos oder Elektrobusse, Mäh- und Staubsaugroboter oder Flurförderzeuge, wird Batterietechnik eingesetzt.

Um hoch konzentrierte Energie zu liefern, ist in einer Lithium-Ionen-Batterie sensible Technik verbaut, die sorgsam Umgang erfordert. Eine Batterie besteht aus **mehreren hintereinander geschalteten Batteriezellen**, wobei sich eine Zelle hauptsächlich aus folgenden Elementen zusammensetzt:

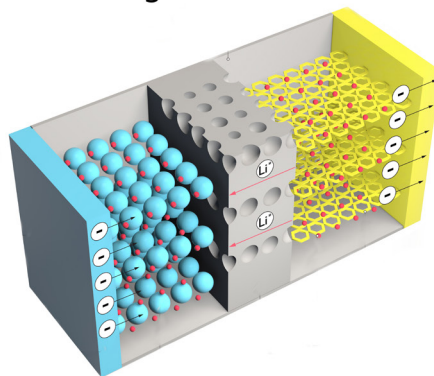


Präsentation,  
Seite 1

- einer negativen Elektrode aus Graphit (Anode, Minuspol)
- einer positiven Elektrode aus Lithium-Metalloxid (Kathode, Pluspol)
- einer Trennmembran (Separator)
- einem flüssigen Elektrolyten, der den Transport von Ionen zwischen den Elektroden ermöglicht

Während des Batteriebetriebs wird dauernd chemische Energie in elektrische Energie in Form von Strom umgewandelt. Dabei verhindert der **Separator** im Batterie-Innern, dass sich Plus- und Minuspol berühren. Diese isolierende Membran aus einer hauchdünnen Kunststoff- oder Keramikschicht schützt das Batteriesystem vor einem Kurzschluss. Um Überlastungen abzuwenden, verfügt eine Lithium-Ionen-Batterie außerdem über ein **Batteriemanagementsystem (BMS)**, eine elektronische Steuerung, die das Batteriesystem überwacht und regelt.

### Entladung



### Ladung

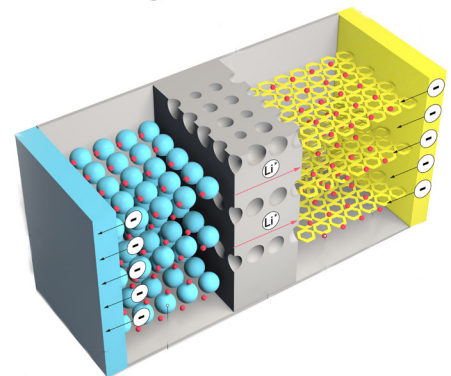


Foto: AdobeStock/Naeblys

Die Auf- und Entladung der Batterien erfolgt durch den Transfer von Lithium-Ionen zwischen Anode (gelb) und Kathode (blau).



Präsentation,  
Seite 4

### Gefährliche Kettenreaktion

Unter bestimmten Bedingungen kann eine Lithium-Ionen-Batterie in Brand geraten und explodieren: Wird eine einzelne Zelle durch **Wärme, Überladung oder mechanische Einwirkungen** belastet, kann dies zu einer **internen Beschädigung** führen. Diese in der Regel von außen nicht erkennbare Beschädigung kann unter Umständen eine zersetzende Reaktion auslösen (der sogenannte „Thermal Runaway“). Hier entstehen an der Zelloberfläche Temperaturen von bis zu 800 oder sogar 1.400 Grad Celsius. Durch die erzeugte Wärme kommt es unter anderem zum Verdampfen des enthaltenen Elektrolyten und eventuell zum Austritt dieses hochentzündlichen Elektrolytgases. Dieses Gas kann bereits durch die in der Zelle erzeugte Wärme gezündet werden. Ein Durchgehen führt häufig zu **Brand** oder **Explosion** und bewirkt infolgedessen eine **Zerstörung durch Überdruck** (Zerbersten). Gefahr besteht hier für Personen nicht nur darin, durch **umherfliegende Teile** des Gehäuses verletzt zu werden, sondern auch in den **giftigen Substanzen**, die frei werden und eingeatmet oder bei Hautkontakt Verätzungen verursachen können.

Befindet sich ein brennbares Material in der Umgebung, kann sich dieses entzünden und es kommt zu einem **Sekundärbrand**. Diese zusätzliche Wärme kann wiederum einen negativen Einfluss auf die Lithium-Ionen-Batterie nehmen: Die Temperatur des Sekundärbrandes überträgt sich auf die Batteriezellen, die bisher noch nicht durch eine Havarie betroffen waren, und kann diese „mitnehmen“.

Auch die stark steigende Temperatur, die von benachbart angeordneten reagierenden Zellen ausgeht, kann sich übertragen. Dies kann in einer sogenannten **thermischen Propagation** münden. Da bedeutet, dass die Havarie von einer Zelle auf die nächste Zelle „überspringt“.

Sobald Temperaturen erreicht sind, die die Metalloxide der Batterie zersetzen, und dadurch der Sauerstoff frei wird (siehe Branddreieck auf Seite 6), **ist eine herkömmliche Brandbekämpfung nicht mehr möglich**. Denn der zum Brand benötigte Sauerstoff ist nun sozusagen „on Board“ vorhanden!

Achtung: Diese beschriebene Havarie der Lithium-Ionen-Batterie tritt häufig sehr stark **zeitverzögert** auf.

Expertinnen und Experten gehen von mehreren Tagen aus, die zwischen einer schädigenden Einwirkung auf die Batterie und ihrer Havarie liegen können. Ein weiteres Problem besteht darin, dass selbst eine „gelöschte“ Lithium-Ionen-Batterie zeitverzögert und spontan wieder „durchzünden“ kann. Auch hier ist ein Zeitraum von mehreren Tagen aus der Praxis bekannt.

Die häufigsten Ursachen für Batteriebrände sind:

- mechanische Beschädigungen der Batteriezellen (etwa durch heftige Stöße und Stürze),
- thermische Belastung (etwa durch Aufladung bei zu hohen oder zu niedrigen Temperaturen)
- Tiefenentladung (komplette Entladung der Batterie auf null Prozent) in Kombination mit einem veralteten oder nicht funktionierenden Batteriemanagementsystem
- schlechte Herstellerqualität



Präsentation,  
Seite 4



Bild: DGUV Fachbereich  
Aktuell FBFHB-018, S. 2

Quelle: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3863>, S. 2

Diese Darstellung zeigt vereinfacht die Kettenreaktion, die entstehen kann, wenn durch einen Trigger die Temperatur in einer Lithium-Ionen-Batterie steigt.

## Hinweise und Tipps für den Umgang mit Lithium-Batterien

Eins vorneweg: Auch wenn es mit Lithium-Batterien gelegentlich zu Unglücksfällen kommt, besteht kein Grund zur Panik. Grundsätzlich gelten die Batterien als sicher, Batteriebrände sind eher die Ausnahme. Die Lithium-Batterie-Technik ist sensibel, verfügt aber über **zuverlässige Sicherheitseinrichtungen** (siehe Separator, BMS), die das Auftreten irreversibler Schäden verhindern können. Gute Technik allein genügt jedoch nicht. Damit nichts passiert, müssen die empfindlichen Energieträger sorgsam behandelt werden. Wer die folgenden Hinweise für einen sicheren Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien konsequent beachtet, kann Sicherheitsrisiken weitgehend ausschalten.

- Viele Batteriebrände werden durch **Fehler beim Laden** der Geräte ausgelöst. Wichtig zu wissen:
  - Batteriegeräte nur mit den vom Hersteller zugelassenen Original-Ladegeräten und -kabeln aufladen
  - Batterien bei Raumtemperatur auf nicht brennbarem Untergrund mit genügend Abstand zu brennbarem Material aufladen. Während des Ladevorgangs in der Nähe bleiben. Batterien zur Schlafenszeit in der Wohnung aufzuladen, womöglich noch im Bett, ist absolut tabu!
  - Ladegeräte vor Nässe und Staub schützen
  - Beim Laden auf eine sichere Verbindung zwischen Batterie und Ladegerät, saubere Kontakte, ausreichend Luftzirkulation achten
  - Um Überladung zu vermeiden, Ladegerät gleich nach Aufladung von der Batterie trennen
  - Tiefenentladung vermeiden! Entladene Batterie aufladen, bevor der Ladestatus auf null Prozent heruntergefahren ist.
- Beim Kauf von Geräten mit Lithium-Batterie-Technik auf Qualität achten, nicht automatisch zum günstigsten Produkt greifen. Vor Benutzung **Herstellerhinweise** aufmerksam durchlesen und sich daran halten.



Foto: © BG ETEM, PG Energiespeichersysteme

So geht Laden richtig: auf einer feuerfesten Unterlage ohne brennbares Material in der Nähe.

- **Temperaturen zwischen 10 und 35 Grad Celsius** sind für Lithium-Ionen-Batterien optimal. Direkte Sonneneinstrahlung, extreme Kälte oder Nässe können sie beschädigen: Smartphone und Co. bei sommerlichen Temperaturen nicht im Autoliegen lassen, E-Scooter und E-Bike in den Schatten stellen, Fahrrad Batterien im Winter aus der ungeheizten Garage nehmen und sie nicht bei Regen auf dem Dachträger spazieren fahren. Außerdem: Batterien von Zündquellen fernhalten.
- Auch **mechanische Beschädigungen** (Stöße, Schläge, Stürze) können Lithium-Batterien in einen kritischen Zustand bringen und müssen vermieden werden. Ist eine Batterie beispielsweise zu Boden gefallen, sollte sie nicht sofort weiterverwendet, sondern erst eine Weile (empfohlen sind 24 Stunden) beobachtet und dann auf Fehlfunktionen überprüft werden. Bei Auffälligkeiten (etwa Hitzeentwicklung, verringerte Laufzeit, sehr lange Ladezeiten, Ladestörung, Knistergeräusche beim Laden, ein auffälliger Geruch oder Aufblähen) Batterie baldmöglichst sicher entsorgen. Dasselbe gilt für sichtbar beschädigte, verformte oder verfärbte Batterien.
- Lithium-Ionen-Batterien niemals öffnen oder etwa Reparaturversuche unternehmen! Dabei können gesundheitsschädliche Stoffe frei werden und sich entzünden. Batterie ausschließlich von einem **autorisierten Händler** reparieren lassen.
- Lithium-Ionen-Batterien gehören nicht in den Hausmüll, sondern müssen fachgerecht entsorgt werden. Bei **Rücknahmestellen im Fachhandel** oder **kommunalen Wertstoffhöfen** können Batterien kostenlos abgegeben werden. Bei längerer Lagerung oder vor Rückgabe an die Sammelstelle Pole mit **Klebestreifen** abkleben.
- Beim Versand von Lithium-Ionen-Batterien gelten **besondere Transportbedingungen**, da die Batterien als gefährliche Stoffe und Gegenstände kategorisiert werden – auch dann, wenn sie in einem Gerät, zum Beispiel einem Smartphone, eingebaut verschickt werden. Beispielsweise müssen solche Sendungen mit entsprechenden Gefahrgut-Aufklebern kenntlich gemacht werden. Am besten, man erkundigt sich beim Kauf nach den Rücksende- und Transportbedingungen.
- Der weltweite Abbau von Lithium **belastet die Umwelt** und verursacht weitere Probleme. Die Anschaffung eines Lithium-Batterie-Geräts, zum Beispiel eines neuen Smartphones, sollte stets kritisch durchdacht und gut abgewogen werden.



Foto: © BG ETEM, PG Energiespeichersysteme

Wie alle Energieträger dürfen auch Lithium-Ionen-Batterien nur an markierten Rücknahmestellen oder bei Wertstoffhöfen abgegeben werden.

## Was tun, wenn die Batterie durchgeht?

Wenn kleine Lithium-Batterien ungewöhnlich heiß werden, sich verformen, ausgasen oder rauchen, ist das immer ein Alarmzeichen und kann einen „Thermal Runaway“ ankündigen. Es besteht akute Brandgefahr. Sofern kein Risiko für eine Eigengefährdung besteht, gilt als erste Maßnahme: Batterie sofort in einen **ausreichend großen, mit Wasser gefüllten Behälter legen**, damit sie abkühlt. Dabei möglichst **Schutzhandschuhe** und **Gesichtsschutz** tragen.

Außerdem gilt: Von brennenden Batterien **ausreichend Abstand** halten, denn die frei werdenden Gefahrstoffe sind giftig und es kann zur Explosion kommen. Bei Kontakt mit ausgetretenen Flüssigkeiten oder Dämpfen die betroffenen Stellen am Körper gründlich mit Wasser reinigen und sich umgehend in ärztliche Behandlung begeben.

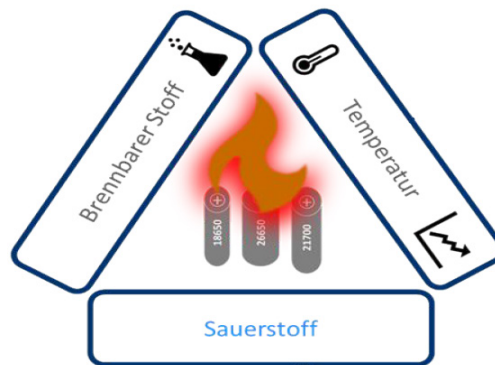
Wenn eine größere Batterie, etwa im Fahrrad, plötzlich ausgast, sofort **Notruf 112** absetzen. Eigene Löschversuche, zum Beispiel mit dem erstbesten Feuerlöscher, können anwesende Personen in Lebensgefahr bringen. Zum Löschen von Batteriebränden sind nur **bestimmte Löschmittel mit hohem Kühleffekt oder Löschergeräte mit Wasser geeignet**. Andere Löschmittel dürfen nicht verwendet werden. Kurz: Mehrere oder größere Lithium-Ionen-Batterien können nur durch Einsatzkräfte der Feuerwehr gelöscht werden.

Wieso sind Brände von Lithium-Ionen-Batterien so schwer in den Griff zu bekommen? Das zeigt das folgende Branddreieck:



Präsentation,  
Seite 3

Bild: © BG ETEM, PG Energiespeichersysteme



Das Verbrennungsdreieck zeigt, welche Komponenten in einer Lithium-Ionen-Batterie bei hohen Temperaturen zusammentreffen können und so Löschversuche erschweren.

Für einen Brand braucht es immer die folgenden drei Komponenten: einen **brennbaren Stoff**, eine **hohe Temperatur** und **Sauerstoff**. Die Krux der Lithium-Ionen-Batterie ist, dass man ihr den Sauerstoff nicht durch herkömmliche Löschmittel nehmen kann, da dieser (wie im Abschnitt „Gefährliche Kettenreaktion“ beschrieben) chemisch gebunden im Kathodenmaterial vorhanden ist und bei Zersetzung der Metalloxide unter hohen Temperaturen automatisch frei wird.

## Impressum

DGUV Lernen und Gesundheit, Sicherer Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien, März 2022  
**Herausgeber:** Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Glinkastraße 40, 10117 Berlin  
**Chefredaktion:** Andreas Baader, (V.i.S.d.P.), DGUV, Sankt Augustin  
**Redaktion:** Anna Nöhren, Universum Verlag GmbH, Wiesbaden,  
[www.universum.de](http://www.universum.de)  
**E-Mail Redaktion:** [info@dguv-lug.de](mailto:info@dguv-lug.de)  
**Text:** Gabriele Mosbach, Potsdam



Internet-  
hinweis



Arbeits-  
blätter



Arbeits-  
auftrag



Präsentation



Video



Didaktisch-  
methodischer  
Hinweis



Lehr-  
materialien



Distanz-  
unterricht