



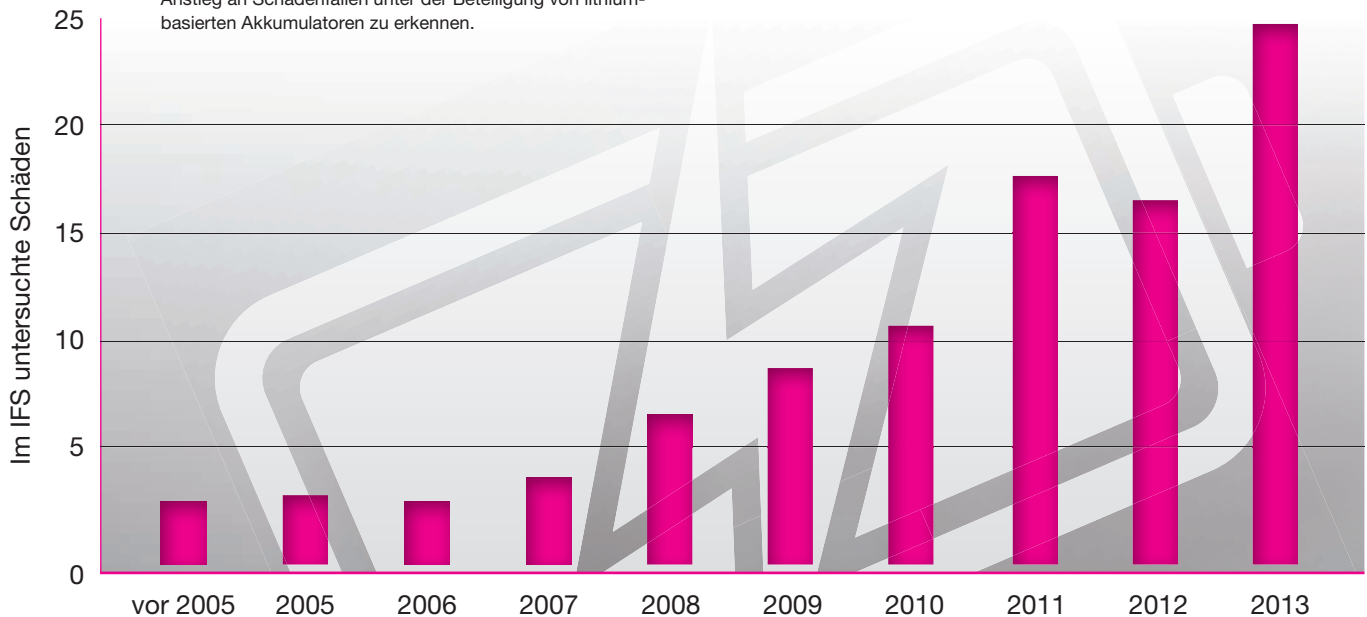
Lithium-Akkus und deren Brandgefahr



Hohe Energiedichte, aber großes Schadenpotenzial



Grafik 1 | Über die vergangenen Jahre ist ein deutlicher Anstieg an Schadenfällen unter der Beteiligung von lithiumbasierten Akkumulatoren zu erkennen.



Vorzüge und Verwendung von Lithium-Akkumulatoren

Im Jahr 1991 wurde durch Sony der erste ausgereifte lithiumbasierte Akkumulator auf den Markt gebracht, welcher eine hohe Energiedichte und Entladespannung (3,7 V) erzielte.¹ Vorhergehende Versuche, die vielversprechende Lithium-Technologie auszubauen, bei denen man Anoden aus metallischem Lithium verwendete, sind an den Sicherheitsrisiken gescheitert. Durch die Entwicklung von Einlagerungselektroden sind diese Risiken beherrschbar geworden, sodass Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren aus Bereichen der klassischen Konsumeranwendungen (beispielsweise Laptops, Mobiltelefone oder Elektrowerkzeuge) verdrängt wurden. Aufgrund ihrer hohen Energiedichte spielen Lithium-Akkus mittlerweile auch eine wichtige Rolle bei E-Bikes, im Bereich der Automobilindustrie (Hybrid- und Elektroautos) und bei stationären Energiespeichern.² Der größte Vorteil von Akkumulatoren auf Basis der Lithium-Technologie liegt in der hohen Energiedichte (bezogen sowohl auf Gewicht als auch auf Volumen). Gleichzeitig besitzen Lithium-Akkus keinen Memory-Effekt, also keinen Kapazitätsverlust dadurch, dass sich der Akku den Energieverbrauch merkt, und eine hohe Zyklenfestigkeit.

Lithium-Akkumulatoren – brandgefährlich

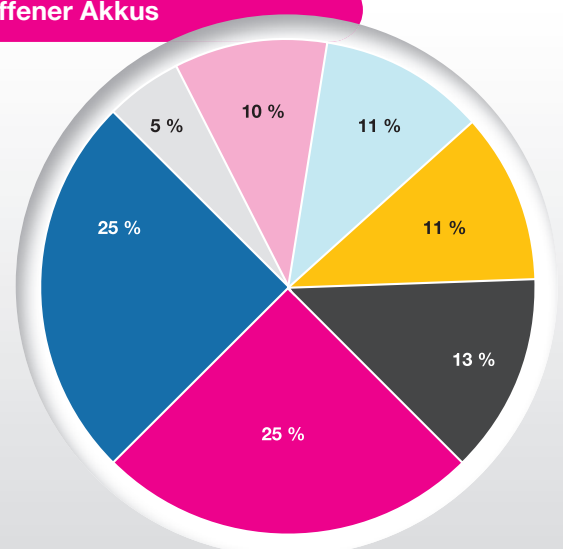
Sowohl aufgrund der hohen Energiedichte als auch des chemischen Aufbaus der Akkumulatoren bergen diese ein latentes Brandrisiko. Dieses wurde auch im schadenprisma bereits beschrieben.³

Anhand der Schadendatenbank des IFS kann festgestellt werden, dass innerhalb des letzten Jahrzehnts Brandschäden, bei

denen Lithium-Akkumulatoren beteiligt sind, kontinuierlich zunehmen (**Grafik 1**). Zwischen 2005 und 2013 hat sich die Zahl der Brände, bei denen Lithium-Akkumulatoren eine Rolle spielen, mehr als verfünffacht. Bei der Hälfte dieser Brandfälle sind die Akkumulatoren aus der Unterhaltungselektronik oder aus dem Modellbau beteiligt (**Grafik 2**). Obwohl die kontinuierliche Verbesserung der Technologie die Wahrscheinlichkeit einer schadenbedingten Brandentstehung immer weiter ver-

Einsatzgebiete brandbetroffener Akkus

- Sonstige
- Kfz, Motorroller, Caddys
- Unermittelt
- Werkzeuge, Haushaltsgeräte
- Fahrrad
- Modellbau
- Unterhaltungselektronik (Laptop, DVD-Player, Mobiltelefon)



Grafik 2 | Die relative Verteilung der brandbetroffenen Lithium-Akkumulatoren auf die jeweiligen Einsatzgebiete: Die größten Anteile entfallen auf Unterhaltungselektronik und den Modellbau (jeweils 25%), gefolgt von E-Bikes (13%).



ringert, nimmt die Gesamtschadenzahl aufgrund der rasch wachsenden Verbreitung der Akkumulatoren zu.

Zur Brandentstehung bei Lithium-Akkumulatoren kann es sowohl durch interne Fehler der Akkumulatoren (z. B. Produktionsfehler oder als Folge einer Tiefentladung) als auch durch externe Einwirkungen, wie unsachgemäßes Laden, zu hohe Temperaturen, mechanische Schädigungen oder Eindringen von Feuchtigkeit, kommen.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurden die Auswirkungen verschiedener externer Einflüsse auf ausgewählte Lithium-Akkumulatoren untersucht.

Akkumulatoren aus dem Modellbaubereich

Im Modellbaubereich, insbesondere im Bereich des Modellflugs, spielt neben der Leistungsfähigkeit des Akkumulators ein geringes Gewicht eine besonders große Rolle. Um Gewicht zu sparen, wird bei Akkupacks aus dem Modellbaubereich i. d. R. auf eine feste Akkühülle verzichtet. Die Einzelzellen des Akkumulators befinden sich in einem sogenannten „Softpack“, einer vakuumierten aluminiumverstärkten Folienhülle. Die weiche Hülle macht derartige Akkupacks besonders anfällig für mechanische Schädigungen, z. B. in der Folge eines Unfalls des Modells. Besonders empfindlich reagieren die Akkumulatoren auf invasive Schädigungen durch spitze Gegenstände. Perforieren spitze Teile eine Zelle, kommt es zu einem internen Kurzschluss. Das hat einen Temperaturanstieg der Zelle auf mehrere 100 °C zur Folge. Durch die hohe Hitze werden alle anderen Zellen des Akkupacks zerstört, wobei diese schlagartig ihre Energie freigeben und austretende Gase sowie umgebende Materialien entzünden. Die brandsursächliche mechanische Schädigung einer Akkumulatorzelle kann meist nach dem Schadensgeschehen noch nachgewiesen werden.

Ebenfalls zur Einsparung von Gewicht wird bei Akkupacks aus dem Modellbaubereich auf eine interne Laderegulierung und Zell-

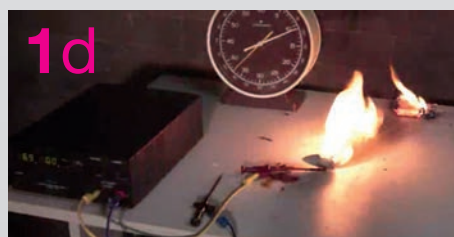
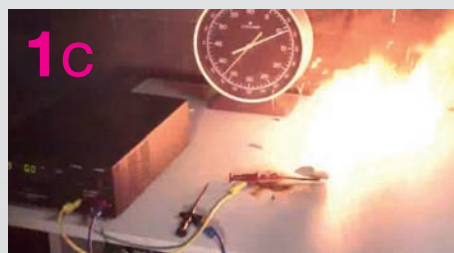
überwachung verzichtet. Diese ist im Ladegerät integriert. Durch verkehrte Ladeprogramme, aber auch bei gealterten Akkupacks, können Einzelzellen überladen werden, wobei es i. d. R. zum Brand kommt (**Bilder 1a bis 1d**).

Akkumulatoren von E-Bikes, Werkzeugen und Laptops

Bei größeren Laptops, in vielen Akku-Werkzeugen und in E-Bikes werden häufig mehrere sogenannte 18650er-Zellen in einem Akkupack verbaut. Hierbei handelt es sich um zylindrische Zellen, die über eine

stabile Metallhülle sowie mehrere integrierte Sicherheitseinrichtungen verfügen. Aufgrund der Metallhülle sind die Akkumulatoren deutlich robuster gegen mechanische Beeinträchtigungen. Insbesondere beim Einsatz in Werkzeugen und E-Bikes sind die Akkus auch höheren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt als im Modellbaubereich.

Vor allem lokale thermische Belastungen können zur Explosion der Zellen führen (**Bild 2**). Dabei werden Temperaturen von z. T. über 1.300 °C erreicht. Die Energiefreisetzung einer Zelle ist dabei so groß, dass



Bilder 1a bis 1d | Fotostrecke zu einem Versuch, in welchem ein mehrzelliger Lithium-Polymer-Akkumulator, wie er im Modellbau verwendet wird, zu hohen Ladeströmen und -spannungen ausgesetzt wird:

Die Akkuzellen blähen sich zunächst auf. Wird der Druck im Innern zu groß, reißt die dünne Hülle auf und es wird anschließend eine große Menge an Gasen freigesetzt.

Abschließend entzünden sich die austretenden Gase aufgrund der herrschenden hohen Temperaturen und entzünden ihrerseits das brennbare Akkumaterial.

Bild 2 | Dokumentation der heftigen Reaktion eines 18650-Lithium-Ionen-Akkumulators bei zu hohen Temperaturen. Zugeführte Wärme von einer externen Quelle lässt den Akku letztendlich explodieren und in Flammen aufgehen.





Bild 3a | Innenleben einer ausgebrannten 18650-Akkuzelle: Zu erkennen sind wenige Reste der Kupfer-Leiterbahn und in Sprengeln verteiltes geschmolzenes Aluminium.

Bild 3b | Eine aufgeplatzte und zu Untersuchungszwecken geöffnete 18650-Akkuzelle, welche eine deutliche thermische Schädigung zeigt. Erkennbar sind Kupfer- und Aluminiumreste sowie verkohltes Aktivmaterial. Die Schädigung ist in dem Bereich der aufgeplatzten Metallhülle besonders stark. An dieser Stelle wurde der Akku einer lokalen Hitzequelle ausgesetzt.

in der Folge benachbarte Zellen in einer Kettenreaktion ebenfalls abbrennen oder explodieren. Ursachen der thermischen Belastung können sowohl externe Wärmequellen als auch interne Schäden am Akkumulator z. B. in Folge fehlerhafter Lade- oder Entladeprozesse sein.

Brandursächliche 18650er-Zellen weisen einen sehr hohen Zerstörungsgrad auf (**Bilder 3a und 3b**). Während die massive Metallhülle weitgehend erhalten ist, ist das Innenleben der Akkumulatoren bis zur Unkenntlichkeit zerstört. Rückschlüsse auf Vorschäden oder eventuelle brandursächliche Ladeprozesse lassen sich durch mikroskopische Analysen der Akkumulatorüberreste nur bedingt ermitteln.

Akkumulatoren in Handys, Tablets, Ultrabooks und anderer Unterhaltungselektronik

In vielen Geräten finden sich Akkumulatoren, die weder eine Folienhülle noch eine massive Metallhülle aufweisen. Die Akkumulatoren besitzen eine Hülle aus einem dünnen Aluminiumblech, das einen Schutz bei geringen mechanischen Ansprüchen bietet. Weiterhin werden diese Akkumulatoren entweder im Gerät oder über spezielle externe Ladegeräte geladen, sodass eine Fehlbedienung beim Laden nahezu ausgeschlossen ist. Interne Überwachungselektroniken dienen weiterhin dem geregelten Entladen und der Vermeidung von schädlichen Tiefentladungen der Zellen.

Der Einbau der Akkuzellen in das jeweilige oft aus Kunststoff bestehende Gehäuse stellt einen weiteren geringen Schutz der



Akkuzellen gegen mechanische Einwirkungen dar. Gegen stärkere mechanische Beanspruchung (insbesondere durch spitze Objekte) bieten jedoch weder das Gehäuse noch die dünne Metallblechhülle einen endgültig ausreichenden Schutz. Analog zu den Softpacks aus dem Modellbaubereich besteht daher bei spitzer mechanischer Gewalteinwirkung die Gefahr, dass es durch die Ausbildung interner Kurzschlüsse zu einem Brandgeschehen kommt.

Werden die Akkus höheren Temperaturen oder (bei Versagen der Schutzelektroniken)

falschen Ladebedingungen ausgesetzt, kann es ebenfalls zum Brand kommen. Aufgrund der festen Ummantelung dieses Akkutyps kommt es im Schadenablauf zu einer Explosion, welche auf der Bildung von Gasen aus den chemischen Komponenten des Energiespeichers beruht. Diese blähen den Akku zunächst auf, bis der Druck innerhalb der Zelle zu groß ist und es plötzlich zum Zerknall der Hülle kommt. In der Regel entzünden sich die schlagartig ausdehnenden Gase durch die ebenfalls entstehende Wärme und entzünden ihrerseits Teile des Akkus und andere in Reichweite befindliche Materialien. ▶



Gefährlich ist dabei auch, dass brennende Komponenten in die nähere Umgebung geschleudert werden können, wodurch das Risiko der Brandausbreitung oder der Verletzung von nahe stehenden Personen besteht.

Lithium-Akkus – besonders unsichere Produkte?

Im Bereich der Produktsicherheit ist in Deutschland die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zentraler Informationsknotenpunkt. Laut BAuA wurden im Jahr 2013 115 Produktwarnungen und -rückrufe im eigenen Produktsicherheitsportal (www.produtsicherheitsportal.de sowie www.rueckrufe.de) veröffentlicht. 28 (24 %) der dort genannten Rückrufe des Jahres 2013 erfolgten aufgrund einer Brandgefahr.⁴ Üblicherweise finden sich dort Produkte unterschiedlichster Art, Hersteller und Herkunft. Alarmierend ist allerdings die aktuelle Entwicklung: Im Jahr 2015 (Stand November 2015) betreffen zwei Drittel der Produktrückrufe, die aufgrund einer Brandgefahr ausgesprochen worden sind, Produkte, in denen Lithium-Akkus eingesetzt werden! Diese Entwicklung sollte weiter aufmerksam verfolgt werden.

LITERATURVERWEISE

- ¹ Wakihara, Masataka: Recent developments in lithium ion batteries. In: Materials Science and Engineering: R: Reports 33 (2001), Nr. 4, S. 109_134.
- ² Neumann, Gerold: Lithium-Akkumulatoren: Stand der Technik und zukünftige Entwicklungen. In: Chemie Ingenieur Technik 83 (2011), Nr. 11, S. 2042_2050.
- ³ Buser: Lithium-Batterien: Gefahren und Schutzmaßnahmen, Schadenprisma 2-2012.
- ⁴ Gefährliche Produkte (Ausgabe 2014). Informationen zur Produktsicherheit, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2014. S. 26.

Fazit

Aufgrund der momentanen konkurrenzlosen hohen Energiedichte finden Lithium-Akkumulatoren eine immer breitere Anwendung. Von dieser Akkutechnologie geht jedoch auch eine Brandgefahr, insbesondere bei unsachgemäßem oder unachtsamem Umgang, aus. Daher sollten folgende Hinweise beim Umgang mit Lithium-Akkus unbedingt beachtet werden:

- Besteht die Vermutung einer Beschädigung oder einer Tiefentladung an einem Akkumulator, sollte dieser keinesfalls weiter verwendet werden. Auch dann nicht, wenn der Schaden sich nicht sichtbar manifestiert.
- Sollten Akkus Verformungen aufweisen, ohne entsprechend geschädigt worden zu sein (beispielsweise Ausstülpungen/Aufblähungen nach längerer Lagerzeit), ist dies ein Indiz für den Ablauf unerwünschter Reaktionen unter Gasbildung innerhalb der Akkuzelle. Entsprechende Akkus sollten unter keinen Umständen in Betrieb genommen werden, sondern fachgerecht und mit Vorsicht entsorgt werden.
- Das Laden der Akkumulatoren sollte nie unbeaufsichtigt erfolgen und zumindest bei Modellbauakkus sollten brennbare Materialien während des Ladevorgangs aus der Umgebung entfernt werden. ■

Leo Willem Menzemer, B. Eng.
TH Köln (Technische Hochschule Köln)

Dr. Dag Leine
Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V. (IFS)

