

Lithium-Batterien: Welche Gefahren gehen von ihnen aus und wie schützt man sich?



Dr. Michael Buser (Jahrgang 1962) hat an der Universität Münster Chemie und Verfahrenstechnik studiert und dort unter anderem auch an Lithium-Batterien geforscht. Heute ist er Geschäftsführer bei Risk Experts, einem der in Europa führenden Beratungsunternehmen für Risikoberatung und Schadenmanagement. Er blickt auf eine langjährige Erfahrung in der Industrie (Umweltschutz/Sicherheit) sowie in der Versicherungsbranche (Risk Engineering/Loss Control) zurück. Seit vielen Jahren ist er zudem tätig als Dozent und Lehrbeauftragter in verschiedenen Bereichen von Risikomanagement und Schadenverhütung.

Batterien aller Art sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Von der Armbanduhr über das Handy und die Digitalkamera bis zum E-Bike oder sogar Elektroauto reicht das Spektrum der häufigsten Anwendungen von Lithium-Batterien im privaten Bereich. Dass die Batterietechnologie nicht ohne Gefahren ist, blenden die meisten Nutzer dabei

aus, trotz Medienberichten über Vorfälle wie den weltweiten Rückruf des Galaxy Note 7 oder durch E-Bikes oder Laptops ausgelöste Brände. s+s report befragt Dr. Michael Buser, einen ausgewiesenen Experten zum Thema Lithium-Batterien, was es genau mit diesen Batterien und ihren Risiken auf sich hat.

1 Herr Dr. Buser, können Sie uns zunächst einmal den Begriff „Lithium-Batterien“ definieren?

Michael Buser: Ganz allgemein gesprochen sind Batterien chemische Energiespeicher, die in einer elektrochemischen Reaktion die gespeicherte Ladung in Form von elektrischer Energie abgeben können. Es gibt für die unterschiedlichsten Anwendungen eine nahezu unüberschaubare Vielfalt von Batterietypen, die sich in Kathode, Anode und Elektrolyt sowie in Bauform, Größe und Leistung unterscheiden. Der Begriff Batterie bezeichnete ursprünglich die Zusammenschaltung mehrerer einzelner Zellen. Jedoch hat sich inzwischen ein Bedeutungswandel vollzogen, sodass mit „Batterie“ auch eine einzelne Zelle (einzellige Batterie) gemeint sein kann.

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. Das ist eine noch vergleichsweise junge Technologie, ihre Verbreitung erfolgte aber rasant und ein weiteres Wachstum wird vorhergesagt. Es wird dabei unterschieden zwischen Lithium-Primärbatterien (Lithium-Metall-Batterien), die nicht wiederaufladbar und daher für den einmaligen Gebrauch vorgesehen sind, und Lithium-Sekundärbatterien (Lithium-Ionen-Batterien respektive Lithium-Ionen-Akkumulatoren), die eine mehrfach reversible Umwandlung von chemischer in elektrische Energie zulassen, also wieder aufgeladen und mehrfach verwendet werden können.

2 Welche Vorteile haben Lithium-Batterien gegenüber anderen Batterietypen?

Michael Buser: Die Verwendung von Lithium als Anode ermöglicht eine hohe Kapazität pro Gewicht, und die in Kombination mit verschiedenen Kathodenmaterialien realisierbaren hohen Zellspannungen machen es zum idealen Elektrodenmaterial für chemische Energiespeicher. Zu den weiteren Vorteilen gegenüber anderen Batterietypen zählen zum Beispiel das Fehlen eines Memory-Effekts, ein weiterer Temperatureinsatzbereich sowie eine geringe Selbstentladung.

3 Was ist das Gefährliche an Lithium-Batterien?

Michael Buser: Aus der Verwendung bestimmter chemischer Verbindungen im Zusammenhang mit hohen Energiedichten ergeben sich bei Lithium-Batterien spezifische Gefah-

renpotenziale, die eine besondere Sicherheitsbetrachtung erfordern. Die größte Gefahr ist sicherlich der sogenannte „Thermal Runaway“ („thermisches Durchgehen“). Dabei wird die gesamte Energie einer Batterie nicht kontrolliert als elektrische Energie, sondern unkontrolliert in Form von thermischer Energie abgegeben (explosionsartiges Abbrennen der Batteriezelle). Eine Lithium-Ionen-Batterie kann im Falle des Versagens das ca. Sieben- bis Elffache der elektrisch gespeicherten Energie in Form von thermischer Energie freisetzen!

Hinzu kommt, dass einige der eingesetzten Kathodenmaterialien aus Übergangsmetall-Oxiden bestehen, die bei hohen Temperaturen zerfallen können und somit den chemisch gebundenen Sauerstoff der Oxide freisetzen. Diese zusätzliche Sauerstoffquelle stellt Rettungskräfte bei der Bekämpfung von Lithium-Batterie-Bränden vor große Herausforderungen. Mit konventionellen Löschmethoden sind solche Brände nur schwer beherrschbar.

Außerdem kann bei einem Brandereignis die hermetische Kapselung der Batterie beschädigt werden, wodurch brennbare Inhaltsstoffe (staubförmig, gasförmig oder in flüssiger Form), aber auch unterschiedliche ätzende, giftige und kanzerogene Stoffe als Brandfolgeprodukte austreten können. Besonders kritisch sind im Brandfall staubförmige Reaktionsprodukte oder Rückstände von gesundheitsschädlichen Stoffen (Cobalt) oder giftigen Stoffen (Nickel) in der Asche und im Brauch sowie die durch die Verwendung von fluorhaltigen und/oder phosphorhaltigen Verbindungen (z.B. das überwiegend eingesetzte Leitsalz Lithiumhexafluorophosphat, LiPF_6) im Brandfall entstehende sehr giftige und ätzende Flusssäure (HF) und Phosphorsäure (H_3PO_4).

Einige der bei einem Brand freigesetzten gasförmigen chemischen Verbindungen sind schwerer als Luft, können sich im Bodenbereich sammeln und werden von Rauchmeldern an der Decke nicht detektiert.

4 Gibt es noch weitere Arten der Gefährdung durch Lithium-Batterien?

Michael Buser: Insbesondere für Rettungskräfte, aber auch für Wartungspersonal besteht eine Gefahr durch elektrische Spannung und Strom, gerade bei Hochvoltspeichern wie in Elektroautos.

Zwischen den Polen einer Batterie liegt eine elektrische Gleichspannung an, bei Elektrofahrzeugen ist eine Nennspannung von bis zu 800 Volt erforderlich. Ein Berühren der beiden Pole kann zu einem elektrischen Schlag führen, wobei zu beachten ist, dass bereits eine Spannung von 120 Volt lebensgefährlich ist.

Bei einem verunglückten Elektrofahrzeug ist für die Rettungskräfte häufig unklar, wo die Elektrik ausgeschaltet wird oder wo welche Kabel verlaufen. Da sich Hochvoltbatteriespeicher (HV-Systeme) nicht einfach durch einen Notausschalter abstellen lassen, stellt die hohe Spannung für Wartungspersonal und insbesondere für Rettungskräfte eine besondere Gefahr dar.

Auch was die Stromstärke angeht, sind die HV-Systeme äußerst gefährlich, da sie kurzzeitig Ströme in der Größenordnung von mehreren hundert Ampere liefern. Bereits 50 mA sind lebensgefährlich! Weiterhin können bei Kurzschlüssen Lichtbögen entstehen, die zu Bränden führen können.

5 Welche genauen Ursachen können Batteriebrände haben?

Michael Buser: 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, Überladung etc.) oder thermischen Einwirkungen (z. B. Wärmeeinstrahlung von außen etc.) kann es zum Austreten des Elektrolyten, zu Überdruckreaktionen mit Abblasen gasförmiger Reaktionsprodukte, zu Feuererscheinungen oder zu einem explosionsartigen Bersten kommen.

Neben diesen externen Fehlerquellen können auch Fertigungsfehler zu internen Kurzschlüssen führen. Wenn beispielsweise während des Herstellungsprozesses metallische Partikel oder sonstige leitfähige Verunreinigungen zwischen Separator und Elektrode eingeschlossen werden, kann es im späteren Betrieb zu einer lokalen Beschädigung der Separatorfolie und damit zu einem internen Kurzschluss kommen.

Durch den sog. „Laufmascheneffekt“ können sich zunächst mikroskopisch kleine Separatorschäden im Laufe von Tagen oder Wochen zu weitläufigen Rissen im Folienmaterial ausweiten, wodurch sich die zunächst unbedeutende (weil lokal begrenzte) kurzschlussbedingte Temperaturerhöhung dann unkon-



Unter anderem führt der Trend der E-Bikes zu einer immer weiteren Verbreitung von Lithium-Ionen-Batterien (Quelle: Fotolia)

trollierbar zu einem Thermal Run-away entwickeln kann.

Weitere Gefahren gehen von Überladung sowie auch von Überentladung (Tiefentladung) aus. Bei Großbatterien können außerdem Defekte im notwendigen Kühlkreislauf für Probleme sorgen. Und zuletzt: Ein nicht zu vernachlässigender Gefahrenfaktor sind fehlerhaft gefertigte oder technisch defekte Ladegeräte.

6 Wenn es zu einem Brand von Lithium-Batterien gekommen ist: Welche Löschmittel sind zur Bekämpfung am besten geeignet?

Michael Buser: Für den abwehren den Brandschutz stehen bei Lithium-Batterie-Bränden als Löschmittel neben dem konventionellen Löschmittel Wasser unter anderem auch Metallbrandpulver, sauerstoffverdrängende Löschmittel oder Tensid-Gemische zur Auswahl.

Der möglichst frühzeitige Einsatz von Wasser und die Verwendung großer Mengen bewirkt insbesondere durch den Kühleffekt eine deutlich verlangsamte Brandentwicklung. Außerdem werden giftige Rauchgase niedergeschlagen. Zu beachten ist allerdings der hohe Wasserbedarf. Löschmittel-Additive wie Gelbildner oder Tensidverbindungen können durch den verbesserten Wärmeübergang an das Löschmittel den Wasserbedarf reduzieren und den Löscherfolg beschleunigen. Insofern haben bestimmte Additive einen durchaus

positiven Einfluss auf den Löscherfolg. Für eine objektive Empfehlung dieser Löschmittelzusätze gegenüber konventionellen Mehrbereichsschäummitteln liegen allerdings derzeit noch nicht ausreichend gesicherte Erkenntnisse vor.

Metallbrandpulver und (getrockneter) Sand sind als Löschmittel vor allem auf kleinere Entstehungsbrände beschränkt. Für größere Schadensszenarien erscheinen Metallbrandpulver oder Sand als Löschmittel wenig geeignet. Analoges gilt auch für ABC-Löschpulver.

Der Einsatz von gasförmigen Löschmitteln ist bei fortgeschrittenen Brandszenarien nur wenig zweckmäßig, da kein wirksamer Kühleffekt erzeugt wird und bei Batteriebränden oft auch ohne äußeren Luftsauerstoff durch den beim Zerfall des Kathodenmaterials freiwerdenden Sauerstoff noch ein Weiterbrennen möglich ist. Allerdings zeigen Gaslöschanlagen im Bereich der Batteriefertigung insbesondere bei eng verschachtelter Lagerkonfiguration („Backblech-Lagerung“ beim sog. Aging-Prozess) durchaus Vorteile gegenüber konventioneller Sprinklertechnik (Sprühbehinderung).

7 Welche Schutzmaßnahmen sind im betrieblichen Umfeld besonders wichtig?

Michael Buser: Als bauliche Brandschutzvorkehrung hat sich die räumliche und bauliche Abtrennung bei der Lagerung und Handhabung von Lithium-Batterien bewährt. Hier hat sich auf der Basis von Schadenerfahrungen international ein Standard von 90 Minuten Feuerwiderstand (Brandwand) oder ein Sicherheitsabstand von mindestens 20 Metern durchgesetzt.

Unbedingt notwendig sind auch organisatorische Schutzmaßnahmen, da die Gefahr eines Batteriebrands oft auf falsche Handhabung oder Fehlbedienung zurückzuführen ist. Insbesondere die Schulung der Mitarbeiter in Bezug auf den fachgerechten Umgang (analog Gefahr-

stoff) und die Bereitstellung spezifischer Betriebsanweisungen stellen eine grundlegende Anforderung dar.

In Bezug auf anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen für den Umgang mit oder die Lagerung von Lithium-Batterien liegen hinsichtlich der Wirksamkeit von technischen Schutzkonzepten und in Bezug auf die Effektivität von Löschanlagen aktuell nur wenig gesicherte Erkenntnisse und keine standardisierten Konzepte vor. Trotz des offenkundigen Gefahrenpotenzials konnte sich bisher kein Löschanlagenkonzept als etablierter Standard durchsetzen.

Insofern ist es nicht möglich, in seriöser Weise ein bestimmtes Löschanlagenkonzept exklusiv zu empfehlen. Hier sind unbedingt maßgeschneiderte Lösungen gefragt, die gezielt auf ein bestimmtes Anwendungsszenario abgestimmt sind. Sofern Sprinkleranlagen als Schutzmaßnahme bei der Lagerung von Lithium-Batterien zum Einsatz kommen, haben Großbrandversuche gezeigt, dass für den wirksamen Löscherfolg eine schnelle Auslösung in Verbindung mit einer großen Wasserbeaufschlagung erforderlich ist. Neben automatischen Löschanlagen müssen immer bauliche und organisatorische Randbedingungen ganzheitlich betrachtet werden.

In Bereichen, in denen Lithiumbatterien gelagert oder verwendet werden, ist eine flächendeckende Brandfrüherkennung ein absolutes Muss. Als Mindestanforderung ist sicherzustellen, dass alle Bereiche, in denen mit Lithiumbatterien hantiert wird, flächendeckend durch eine Brandmeldeanlage mit automatischer Alarmweiterleitung zu einer ständig besetzten Stelle überwacht werden.

8 Haben Sie auch Tipps, wie man sich als Privatperson vor Schäden durch Lithium-Batterien schützen kann?

Aufgrund eines Defekts hat sich der Akku in diesem Smartphone gefährlich aufgebläht (Quelle: Fotolia)



Michael Buser: Als Privatperson sollte man unbedingt darauf achten, dass die Batterien nicht beschädigt werden, zum Beispiel durch Fallenlassen. Des Weiteren sollten nur vom Hersteller zugelassene Ladegeräte verwendet werden. Bei Geräten wie Smartphones, Laptops etc. sollte unbedingt darauf geachtet werden, sie nicht in der Sonne liegen zu lassen, schon gar nicht im Auto, wo im Sommer hohe Temperaturen entstehen können.

Gerade bei E-Bikes kommen spezielle Anforderungen hinzu: So sollten sie nicht in Reichweite brennbarer Materialien geparkt oder geladen werden. Der Ladevorgang sollte überwacht werden, vorzugsweise durch einen Brandmelder. Die Batterien sind unbedingt vor Frost zu schützen, außerdem bei kalten Temperaturen erst die Batterie auf Zimmertemperatur bringen, bevor sie geladen wird. Den Akku möglichst nicht über 90 % auf- oder unter 10 % entladen. Nach einem Sturz oder Unfall den Akku unbedingt prüfen lassen, da versteckte Beschädigungen im Inneren auch zu einem späteren Zeitpunkt noch einen Brand auslösen können.

Falls es trotz aller Vorsichtsmaßnahmen einmal zu ungewöhnlichem Verhalten der Batterie wie übermäßige Erwärmung, Rauch oder Aufblähen kommt: Die Batterie so schnell wie möglich ins Freie verbringen oder wenigstens auf eine nicht brennbare Fläche legen wie z. B. Fliesen. Dann einen Fachmann oder die Feuerwehr zu Rate ziehen.

9 Auch vom Gesamtverband der deutschen Versicherer (GDV) gibt es eine Broschüre zum Thema Lithium-Batterien (VdS 3103). Können Sie uns dazu etwas sagen?

Michael Buser: Da es für die Lagerung und Bereitstellung von Lithium-Batterien in Deutschland bislang keine behördlichen Vorschriften zu notwendigen Schutzmaßnahmen gibt, hat der GDV im



*Im Januar 2017 kam es in Hannover zu einem Brand in einem Parkhaus. Ursache nach bisherigem Erkenntnisstand: ein E-Bike-Akku
(Quelle: dpa/picture alliance)*

letzten Jahr eine Broschüre mit Hinweisen zur Schadenverhütung bei der Bereitstellung von Lithium-Batterien in Produktions- und Lagerbereichen herausgegeben.

Die Publikation wurde von einer interdisziplinär zusammengesetzten GDV-Projektgruppe mit Vertretern der Versicherungswirtschaft, der Elektroindustrie, der Automobilindustrie, des Logistik- und Recyclinggewerbes, Löschanlagenherstellern sowie externen Risikoberatern wie Risk Experts erarbeitet, wobei auch Erkenntnisse aus Brandversuchen, unter anderem von VdS Schadenverhütung, einbezogen wurden.

10 Können Sie einen Ausblick wagen, wie es mit den Lithium-Batterien und der Batterietechnik im Allgemeinen weitergeht?

Michael Buser: Da der Ausbau der Elektromobilität in Deutschland ein erklärtes politisches Ziel ist, wird der Bedarf an Batteriekapazität, aber auch die Anzahl von Ladestationen in den kommenden Jahren stetig steigen. Daraus folgen weitere neue Risiken und Fragen wie zum Beispiel zu den zu errichtenden Ladestationen und der zu verwendenden Ladetechnologie. Es kommen auch immer neue Anwendergruppen mit

dem Thema Batteriesicherheit in Berührung, die bisher damit noch nichts (oder kaum etwas) zu tun hatten, beispielsweise Eigenheim- und Immobilienbesitzer, Architekten und Stadtplaner, Netzbetreiber und Energielieferanten, Gebäudeverwalter und Parkhausbetreiber.

Der ständig steigende Energiebedarf bei mobilen elektronischen Geräten (helle Displays bei Smartphones und Laptops, hohe Laufleistung bei E-Bikes, lange Einsatzzeiten von Power-Tools etc.) erfordert eine immer stärker Batterieleistung. Die gleichzeitige Forderung nach immer kleineren und leichteren Batterien bringt die mobilen Energiespeicher an ihre technologischen Grenzen. Daher verlangen die neuen Hochleistungsbatterien mit der Zunahme an Energiedichte und Kapazität gleichzeitig auch innovative und wirksame Sicherheitskonzepte, die sich am steigenden Gefahrenpotenzial orientieren.

Literaturhinweise

- ❑ Sicherheitsratgeber Lithiumbatterien, M. Buser/J. Mähliß, 2016, freier Download unter www.riskexperts.at
- ❑ GDV-Broschüre „Lithium-Batterien“ (VdS 3103), 2016, kostenlos erhältlich über www.vds-shop.de