



LITHIUM-BATTERIEN

Effektive Schadenverhütung und wirksame Brandbekämpfung

Vorbemerkungen

Bereits 2012 berichtete **schadenprisma** erstmals über Brandgefahren von Lithium-Batterien (Heft 2/2012). In zahlreichen weiteren Fachbeiträgen hat **schadenprisma** dieses „brandheiße Thema“ immer wieder aufgegriffen (zuletzt in Ausgabe 1/2016) und über Schadenfälle berichtet. Ganz aktuell klärt das IFS in einem neuen Schadenverhütungsfilm über die Brandgefahren auf und gibt Tipps zum sicheren Umgang mit diesen leistungsstarken Energiespeichern.

Lithium-Batterien als Schadenursache

Wenn man seriöse Pressequellen aufmerksam verfolgt, stößt man im Zusammenhang mit Lithium-Batterien unweigerlich auf Meldungen über spektakuläre Zwischenfälle. Da gab es Brandereignisse im Bereich Luftfahrt – Batteriebrände in Fracht- und auch in Passagierflugzeugen – sowie im Bereich Transport und Logistik – Batteriebrände beispielsweise in LKW, Eisenbahnwagons und Lagerhallen. Insbesondere die folgenschweren Brandereignisse, ausgelöst durch Lithium-Batterien, bei denen Industrieunternehmen, aber auch Gewerbebetriebe betroffen waren, haben in der breiten Öffentlichkeit die Aufmerksamkeit geweckt. Die steigende Zahl dieser Schäden und auch deren Auswirkungen sind nicht allein mit der zunehmenden Verbreitung dieser Technologie zu erklären.

Zunehmend sind Hersteller von mobilen elektronischen bzw. elektrischen Anwendungen, in denen Lithium-Batterien eingesetzt sind, also z. B. Laptops, Digitalkameras, E-Bikes, akkubetriebene Gartengeräte, Heimwerkermaschinen und Haushaltsgerä-





te, gezwungen, ihre Produkte wegen Sicherheitsrisiken bei den verwendeten Lithium-Akkus – insbesondere Brandgefahren – vom Markt zurückzurufen. Ganz aktuell gibt es eine weltumspannende Rückrufaktion eines führenden Herstellers von Notebooks.

Lithium-Technologie grundsätzlich sicher

Trotz der Medienpräsenz ist allerdings aus risikotechnischer Sichtweise festzuhalten, dass Lithium-Batterien und auch die entsprechenden Ladetechnologien bei ordnungsgemäßem Umgang und sachgerechter Handhabung als vergleichsweise sicher anzusehen sind. Schließlich bieten Lithium-Batterien im täglichen Leben bei unzähligen mobilen elektronischen Anwendungen einen unschätzbaren „Komfortfaktor“ und sind deshalb aus unserem Alltag heute nicht mehr wegzudenken.

Lithium-Batterien sind, verglichen mit konventionellen Batteriesystemen, eine vergleichsweise junge Technologie. Darum sind entsprechende Sicherheitsratschläge für den gefahrlosen Umgang mit Lithium-Batterien noch nicht überall bekannt. Bei den Herstellern, also zu Beginn des Lebenszyklus einer solchen Batterie, ist das Wissen über den sicheren Umgang mit Lithium-Batterien auf höchstem Niveau. Auf dem Weg vom Hersteller zum Endverbraucher nimmt dieses Wissen nach unserer Beobachtung allerdings stark ab. Endverbraucher haben bisweilen keine Vorstellung von den potenziellen Sicherheitsrisiken und Brandgefahren, die bei unsachgemäßem Umgang mit Lithium-Batterien auftreten können.

Insofern ist es erforderlich, über potenzielle Brandgefahren und Sicherheitsrisiken aufzuklären. In diesem Zusammenhang wurde ganz aktuell im Rahmen des internationalen „Battery Experts Forum“ der umfangreiche Sicherheitsratgeber „Lithiumbatterien: Brandgefahren und Sicherheitsrisiken“ veröffentlicht. Dieser kann kostenlos unter www.riskexperts.at/fileadmin/downloads/Publikationen/Lithiumbatterien_Sicherheitsratgeber_BUSER_Maehliiss.pdf heruntergeladen werden.



Der Sicherheitsratgeber richtet sich an ganz unterschiedliche Anwendergruppen, insbesondere an Versicherungsunternehmen, deren Underwriter und Risikoingenieure. Die Versicherungswirtschaft befasst sich auch selbst intensiv mit diesem Thema. Der Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) hat bereits vor 2010 eine Expertenkommission aufgestellt, in der sich Fachleute aus unterschiedlichen Branchen zum Thema „Schadenverhütung und Risikomanagement beim Umgang mit und Lagerung von Lithium-Batterien“ ausgetauscht haben. Von dieser Projektgruppe wurde seinerzeit das Merkblatt VdS-3103 (Lithium-Batterien) erarbeitet, das ganz aktuell in einer überarbeiteten Version herausgegeben wurde. Auch wurden im Auftrag des GDV unter

fachlicher Begleitung dieser Expertenkommission vom VdS Großbrandversuche an E-Bike-Akkus durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Brandversuche werden in Kürze in einem Forschungsbericht der interessierten Fachwelt zur Verfügung gestellt.

Konventionelle Schadenverhütung:

Allgemeine Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen

Im Sinne einer effektiven Schadenverhütung bieten sich im Bereich Lithium-Batterien durchaus konventionelle Schutzkonzepte mit klassischen Maßnahmen an, welche sich bei der Herstellung, beim Umgang und bei der Lagerung von feuergefährlichen Stoffen bewährt haben. ▶



Bauliche Brandschutzvorkehrungen

Um Produktionsanlagen und Lagerbereiche vor der Exposition durch feuergefährliche Stoffe zu schützen, hat sich als wirksame Schadenverhütungsmaßnahme die räumliche und bauliche Trennung bewährt. Insofern ist grundsätzlich zu empfehlen, die Lagerung und Handhabung von Lithium-Batterien ausschließlich in feuerbeständig abgetrennten Bereichen oder unter Sicherstellung eines angemessenen Sicherheitsabstandes zuzulassen. Hier hat sich auf der Basis von Schadenerfahrungen international ein Standard von 90 Minuten Feuerwiderstand (Brandwand) oder ein Sicherheitsabstand von mindestens 20 Metern durchgesetzt.

Sofern betriebstechnische Gründe eine räumliche oder bauliche Abtrennung einzelner Bereiche nicht zulassen, sind als Minimalanforderung an den betrieblichen Brandschutz ausreichend dimensionierte Freistreifen und Sicherheitsabstände von mindestens 2,5 Metern innerhalb eines Brandabschnitts in Verbindung mit zusätzlichen organisatorischen und technischen Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen.

Organisatorische Schutzmaßnahmen

Da die Gefahr eines Brandes vordergründig auf falsche Handhabung oder Fehlbedienung und nur selten auf technische Fehler zurückzuführen ist, kommt der organisatorischen Schadenverhütung eine besondere Bedeutung zu. Insbesondere die Schulung der Mitarbeiter in Bezug auf den fachgerechten Umgang (analog Giftstoff) und die Bereitstellung spezifischer Betriebsanweisungen stellen eine grundlegende Anforderung dar.

Einfache Vorsorgemaßnahmen, wie beispielsweise die wirksame Verhinderung eines Kurzschlusses an den Batteriepolen durch Verwendung von Polkappen, die Vermeidung von Wärmestrahlung durch Heizungen und Sonneneinstrahlung durch geeignete Auswahl von Lagerorten sowie das Freihalten von Sicherheitsentlüftungen und das Anbringen von Hinweistafeln zur korrekten Ausrichtung der Batteriezellen im Lager sind einfach durchzuführende und

zugleich wirksame Schadenverhütungsmaßnahmen. Beschädigte Produkte (auch bei geringsten Beschädigungen) sind umgehend fachgerecht zu entsorgen.

Abwehrende Schutzmaßnahmen (Löschmittel)

Für den abwehrenden Brandschutz werden bei Lithium-Batterie-Bränden als Löschmittel neben dem konventionellen Löschmittel Wasser unter anderem auch Metallbrandpulver und sauerstoffverdrängende Löschmittel empfohlen.

Wasser | Bei Brandereignissen mit Lithium-Batterien werden wegen des enormen Energieinhalts extreme Wärmemengen freigesetzt. Unter Berücksichtigung der hohen Brandlast von Lithium-Batterien und der damit im Brandfall frei werdenden thermischen Energie liefert das exzellente Wärmebindungsvermögen von Wasser einen wirksamen Beitrag zur Brandbekämpfung. Insofern kommt bei einem Feuerwehreinsatz grundsätzlich das klassische Löschmittel Wasser zum Einsatz.

Der möglichst frühzeitige Einsatz und die Verwendung großer Mengen von Wasser bewirkt insbesondere durch den Kühleffekt eine deutlich verlangsamte Reaktion und damit auch Brandentwicklung. Außerdem werden giftige Rauchgase niedergeschlagen. Das Löschen mit Wasser bewirkt zudem, dass alle geschädigten Zellen, deren Gehäuse offen sind, durch den Kontakt mit Wasser endgültig langsam entladen werden.

Bei Lithium-Batterie-Bränden ist mit einem deutlich größeren Löschwasserbedarf als bei der Bekämpfung konventioneller Brände zu rechnen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der festen Batterieummantelungen eine direkte Kühlung der Zellen nicht möglich ist. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung des Wasserbedarfs.

Metallbrandpulver/Sand | Der Löscheffekt bei Metallbrandpulver oder Sand basiert vordergründig auf dem Prinzip der Abtrennung der Sauerstoffzufuhr durch Abdeckung des Brandgutes. Der Nachteil: Es entsteht keinerlei Kühleffekt, sodass im Brandfall die freiwerdende thermische Energie nicht wirksam bekämpft werden kann. Insofern beschränkt sich der Einsatz von Metallbrandpulver oder Sand lediglich auf kleinere Entstehungsbrände. Deswegen ist für größere Schadensszenarien Metallbrandpulver oder Sand als Löschmittel wenig geeignet. Analoges gilt auch für ABC-Löschpulver.

Sauerstoffverdrängende Löschmittel | Der Einsatz von gasförmigen, sauerstoffverdrängenden Löschmitteln (z. B. CO₂-Löschgas) unterdrückt zwar den Brand und reduziert die freigesetzte Energie, bewirkt jedoch ebenfalls keinen wirksamen Kühleffekt. Dieser bestimmt allerdings insbesondere bei Lithium-Batterie-Bränden maßgeblich den Löscherfolg (oder Misserfolg). Auch der sauerstoffverdrängende Effekt ist bei Lithium-Batterien zu relativieren. Der im Brandfall aus dem Zerfall des Kathodenaktivmaterials aus der Zelle selbst freiwerdende Sauerstoff ermöglicht auch ohne äußeren Luftsauerstoff eine Teiloxidation (= Weiterbrennen). Insofern ist der Einsatz von Löschgasen aus brandschutztechnischer Sicht wenig zweckmäßig.



Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Erfahrungen mit Batteriebränden unter Einsatz konventioneller Löschtechnik (Sprinkleranlagen, Gaslöschanlagen etc.) haben gezeigt, dass bei Brandereignissen insbesondere wegen des enormen Energieinhalts extreme Wärmemengen freigesetzt werden. Der anlagentechnische Brandschutz steht insbesondere dort vor großen Herausforderungen, wo bereits konventionelle Wasserlöschtechnik (z. B. Sprinkleranlagen) installiert ist. Hierbei stehen insbesondere Mischlager (z. B. Speditionslager, Zentrallager etc.) im Fokus, wo bei sogenannter „chaotischer Lagerhaltung“ neben herkömmlichen Lagergütern auch Lithium-Batterien eingelagert werden können. Konventionelle Löschtechnik ist häufig überfordert und kann einen Batteriebrand nicht wirksam bekämpfen. Auch die Gefahr der Rückzündung stellt an den anlagentechnischen Brandschutz hohe Anforderungen.

Jeder Anwendungsbereich von Lithium-Batterien hat seine spezifischen Anforderungen. Somit bleibt bei der Suche nach geeigneten Schutzkonzepten die einzelfallbezogene Gefahrenanalyse bis auf weiteres unausweichlich. Der Umgang mit oder die Lagerung von Lithium-Batterien verlangt insofern maßgeschneiderte Lösungen, die gezielt auf ein bestimmtes Anwendungsszenario abgestimmt sind.

Neben automatischen Löschanlagen müssen immer bauliche und organisatorische Randbedingungen ganzheitlich betrachtet werden. Für wirksame Schutzkonzepte mit Sprinkleranlagen ist eine Einzelbetrachtung notwendig.

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

Wasser-Löschanlagen | Wasser hilft die Auswirkungen von Lithium-Batteriebränden zu begrenzen und den Brand kontrollierbar zu machen. Die Beaufschlagung mit Wasser bewirkt durch den Kühleffekt eine Reduzierung der Brandausbreitung und eine Reduzierung der Brandintensität. Eine möglichst frühzeitige Auslösung, vollständige Benetzung und Kühlung des Brandgutes führt zu einer deutlich verlangsamteten Reaktion der Lithium-Batterien und damit auch der Brandentwicklung.

Schnell auslösende Sprinkler- oder Sprühwasserlöschanlagen mit hoher Wasserbeaufschlagung stellen einen wirksamen Schutz dar. Dort, wo konventionelle Wasserlöschanlagen (z. B. Sprinkler) zu träge bzw. dessen Löscheinleistung unter Umständen nicht ausreichend ist, stellt die Wassernebeltechnologie eine Lösungsmöglichkeit dar. Durch den Einsatz von Wassernebel wird ein zuverlässiger Lös- und Kühleffekt gewährleistet und zudem auch eine Rückzündung verhindert.

Gas-Löschanlagen | Bei einem Einsatz von Gaslöschanlagen mit verflüssigten Gasen (N_2 , CO_2) wirkt sich die Inertisierungswirkung grundsätzlich positiv aus. Mit den üblicherweise eingesetzten Spülmengen lässt sich allerdings nur eine geringe Menge an thermischer Energie abführen. Im Hinblick auf die enorme Wärmefreisetzung, die bei einem Brand von Lithium-Batterien zu erwarten ist, erscheint ein solches Konzept aufgrund der begrenzten Wärmebindung als Löscheinrichtung wenig geeignet.

Permanent-Inertisierung | Wenn Löschanlagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Betracht kommen oder andere Gründe gegen den Einsatz einer Wasserlöschanlage sprechen, müssen sich Schadenverhütungskonzepte auf die Vermeidung der Brandentstehung konzentrieren. In diesem Zusammenhang bietet die Technologie der Sauerstoffreduzierung vielversprechende Lösungsansätze. ▶





Produktspezifische Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen:

Schutz- und Überwachungseinrichtungen an der Batterie

Ein wichtiges Sicherheitskriterium ist der Einsatz von Schutz- und Überwachungseinrichtungen bzw. die Überwachung des Batteriezustands durch entsprechende Sensoren im sogenannten „Battery Management System“ (BMS). Die Überwachung der Zellzustände und der Lade- bzw. Entladevorgänge durch Messung der Zellspannung, der Temperatur, des Batteriestroms und des Ladezustands ermöglicht das Abschalten des Batteriesystems oder das Trennen von einzelnen Zellen beim Auftreten sicherheitsrelevanter Störungen bei Anwenderfehlern. Die Vermeidung von elektrischen und elektronischen Fehlern ist insbesondere mit der Funktion von „intelligenten“ Systemen für die Überwachung und Steuerung der Batterieparameter verknüpft.

Anwendungstypische Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen:

Lagerung und Bereitstellung von Batterien und batteriebetriebenen Produkten

Das Gefährdungspotenzial von Lithium-Batterien wird, neben dem Produktdesign, maßgeblich durch die Leistung der Module bzw. des Systems selbst bestimmt. Bei den derzeit bekannten Typen bietet sich zur Differenzierung eine Unterteilung in drei Kategorien an:

Lithium-Batterien geringer Leistung

Hierzu zählen alle einzelligen Batterien und Kleinbatterien, welche vornehmlich für die Bereiche Computer, Multimedia, Kleinelektrogeräte und Kleinwerkzeuge etc. verwendet werden.

- Für Batterien dieser Kategorie werden keine speziellen Sicherheitsvorschriften geltend gemacht, sofern alle Vorgaben des Herstellers und sicherheitszertifizierender Stellen eingehalten werden.
- Bei größeren zusammenhängenden Lagermengen (Volumina über sieben Kubikmeter bzw. mehr als sechs Euro-Paletten) gelten die Hinweise für Lithium-Batterien mittlerer Leistung.

Lithium-Batterien mittlerer Leistung

Batterien dieser Kategorie werden z. B. für Fahrräder mit elektrischem Hilfsantrieb (Pedelec, E-Bike), E-Scooter, Light Electric Vehicle (LEV), größere Gartengeräte, diverse Kleinfahrzeuge, aber auch als Module für die Fertigung von Batterien hoher Leistung verwendet.

- Batterien mittlerer Leistung sind in feuerbeständig abgetrennten Räumen oder in mit ausreichendem räumlichen Abstand abgetrennten Bereichen zu lagern (z. B. Gefahrstofflager, -container).

- Mischlagerungen mit anderen Produkten sind nicht zulässig.
- Der Lagerbereich ist durch eine geeignete Brandmeldeanlage mit Aufschaltung auf eine ständig besetzte Stelle zu überwachen.
- Bei größeren Lagermengen (belegte Fläche > 60 m² und/oder Lagerhöhen > 3 m) gelten die Hinweise für Lithium-Batterien hoher Leistung.

Lithium-Batterien hoher Leistung

Batterien der Kategorie sind durch eine besonders hohe Leistung gekennzeichnet. Derzeit bekannte Einsatzbereiche sind vornehmlich Elektromobilität (Automotive) sowie netzunabhängige Großgeräte.

- Für Batterien hoher Leistung gelten als Mindestanforderung die Maßnahmen für Lithium-Batterien mittlerer Leistung.
- Zusätzlich ist eine einzelfallbezogene Gefahrenanalyse zu erstellen.
- Schutzmaßnahmen und Brandschutzkonzepte sind daher einzelfallbezogen und mit individuellen (maßgeschneiderten) Lösungsansätzen gezielt auf das Anwendungsszenario abzustimmen.

Leistung	Lithiummetallbatterie (UN 3090)	Lithiumionenbatterie (UN 3480)
gering	≤ 2 g Lithium je Batterie	≤ 100 Wh je Batterie
mittel	> 2 g Lithium je Batterie und ≤ 12 kg brutto je Batterie	> 100 Wh je Batterie und ≤ 12 kg brutto je Batterie
hoch	> 2 g Lithium je Batterie und > 12 kg brutto je Batterie	> 100 Wh je Batterie und/oder > 12 kg brutto je Batterie



In einem Lager mit Lithium-Ionen-Batterien ist im Brandfall zunächst von einem Schwelbrand mit geringer Energiefreisetzung und Thermik auszugehen.

Bei Brand einer Lithium-Ionen-Batterie (z. B. Kurzschluss) entstehen u. a. krebs-erregende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Fluorwasserstoff sowie Schwermetallablagerungen. Im Hinblick auf die gesundheitlich unbedenkliche Weiterverwendung eines durch Brandgeschehen kontaminierten Lagergebäudes ist daher besonderes Augenmerk zu legen.

Großbrandversuche der Versicherungswirtschaft (FM Global und VdS Schadenverhütung) haben gezeigt, dass der Einsatz des Löschmittels Wasser (ggf. unter Verwendung von Zusätzen) grundsätzlich geeignet ist (wenngleich innerhalb enger Rahmenbedingungen).

Zum Schutz eines Lagers ist ein Schutz durch Deckensprühdüsen oder Deckensprinkler aufgrund der vorgesehenen Ladungsträger mit relativ dichter Anordnung nur bedingt möglich, da diese keine ausreichende Wasserbeaufschlagung in den verdeckten Bereichen im Lager gewährleisten. Bei einer Löschanlage müssen möglichst kleine Löschsektionen gebildet werden, die eine zielgenaue Brandbekämpfung zur Verringerung von Wasserschäden ermöglichen.

Fazit

Grundsätzlich darf man davon ausgehen, dass Lithium-Batterien und auch die entsprechenden Ladetechnologien bei ordnungsgemäßem Umgang und sachgerechter Handhabung als vergleichsweise sicher anzusehen sind. Die ausgereifte Fertigungstechnologie sowie in die Batterie eingebaute Schutzmechanismen erlauben für den Anwender einen grundsätzlich gefahrlosen Umgang mit den chemischen Energiespeichern.

Gleichwohl ist zu berücksichtigen, dass sich aus der Verwendung bestimmter chemischer Verbindungen im Zusammenhang mit hohen Energiedichten sowie durch mögliche technische Defekte spezifische Gefahrenpotenziale ergeben, die eine besondere Sicherheitsbetrachtung erfordern.

Batterien sind grundsätzlich dafür bestimmt, große Energiemengen zu speichern und diese chemisch gespeicherte Energie im Laufe eines Entladevorgangs in Form von elektrischer Energie wieder abzugeben. Kommt es aufgrund von technischen Defekten oder unsachgemäßer Handhabung zu einer unkontrollierten und beschleunigten Abgabe der chemisch gespeicherten Energie, geschieht das in der Regel nicht als elektrische, sondern als thermische (!) Energie: Feuererscheinung (Sachschäden, Personenschäden, Umweltschäden). Insofern stellen die Risiken bei der Handhabung und Bereitstellung von Lithium-Batterien in der Produktion sowie bei der Lagerung eine besondere Herausforderung für den Brandschutz und Personensicherheit dar. Diese Herausforderungen verlangen angesichts des raschen Wachstums und der rapiden Verbreitung moderner Batteriesysteme und entsprechender Ladetechnologien ebenso rasche Lösungen.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, Lithium-Batterien bei Herstellung, Fertigung, Lagerung und Transport als Gefahrstoff zu behandeln. Im Sinne von wirksamer Schadenverhütung ist besonderes Augenmerk auf effektive bauliche Brandschutzvorkehrungen und insbesondere auf die Umsetzung umfassender organisatorischer Schutzmaßnahmen zu legen.

Jeder Anwendungsbereich von Lithium-Batterien hat seine spezifischen Anforderungen. Insbesondere gelten für E-Bikes und Pedelecs, für Transport und Logistik sowie für Entsorgung und Recycling besondere Schutzanforderungen.

Somit bleibt bei der Suche nach geeigneten Schutzkonzepten die einzelfallbezogene Gefahrenanalyse bis auf Weiteres unausweichlich. Der Umgang oder die Lagerung von Lithium-Batterien verlangt insofern maßgeschneiderte Lösungen, die gezielt auf ein bestimmtes Anwendungsszenario abgestimmt sind. ■

Dr. Michael Buser
Risk Experts Risiko Engineering GmbH,
Wien