

Chancen nutzen – Risiken minimieren

AUTOR: JÜRGEN PETERMANN

Mit der steigenden Anzahl an Lithium-Ionen-Akkus im Alltag steigt auch das vielfach unterschätzte Brandpotential in Betrieben und in privaten Haushalten.

Li-Ionen-Akkus bergen trotz modernster Technik Risiken. Die Zahl von Bränden und Explosionen, verursacht durch Li-Ionen-Akkus, die betrieblich in Arbeitsmitteln wie Bohrschraubern, Laptops, Smartphones oder Taschenlampen eingesetzt werden, steigt kontinuierlich. Größere Energiespeicher, wie sie millionenfach in Großelektrogeräten, Elektroautos, E-Bikes und E-Scootern verbaut werden, multiplizieren ebenfalls das Brandpotenzial.

Dabei sind qualitative Mängel, das Alter der Akkus, Unfälle, aber auch Sorglosigkeit die mechanischen, thermischen oder elektrischen Brandauslöser. So können Beschädigungen, Temperatureinwirkungen sowie die Überladung der Akkus zu einer Erhöhung des Innenwiderstandes führen und insbesondere bei hohen Stromflüssen zur Hitzeentwicklung beitragen. Eine der Hauptursachen für einen Li-Ionen-Brand ist die massive Überhitzung einer oder gleich mehrerer Zellen. Diese stecken – ähnlich einer Kettenreaktion – danebenliegende an. Der thermische Durchgang des gesamten Batteriesystems kann in unkontrollierbaren Temperaturen und gefährlichen, höchst gesundheitsschädigenden Gasaustritten münden.

Neben der Überhitzung stellt die unsachgemäße, ungeschützte Lagerung von defekten Li-Ionen-Akkus bzw. solcher in so genanntem ‚unklaren‘ Zustand eine Gefahr dar. Durch mechanische Stöße im Zuge



GLORIA Löcher
WKL6P und
WKL9P
(Foto: GLORIA)

von Transport und Lagerung oder eine thermische Belastung in Form von starker Sonneneinstrahlung, Hitze oder Kälte können Li-Ionen-Akkus physisch beschädigt werden.

Brennbare Gase, Elektrolyte und andere Zellbestandteile

Dies führt im ungünstigsten Fall zum Austritt von brennbaren Gasen bzw. Elektrolyt und in Folge zu einer Entzündung. Eine Überhitzung äußert sich meist durch weiß/grauen Rauch, der niemals eingeatmet werden sollte, da er Batterieinhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte beinhaltet, die sehr gesundheitsschädlich und ätzend sind. Der ausgelöste Nebel kann sich entzünden und eine Stichflamme verursachen, was wiederum weitere, sich in direkter Umgebung befindliche Li-Ionen-Akkus zersetzen kann. Neben dem eigentlichen Brand besteht ein erhöhtes Risiko für explosionsartige Vorgänge, da sich der Brandherd in kleine, splitterförmige Einzelteile zersetzen kann, die dann eruptiv auseinanderbersten.

Kenntnis der Zusammensetzung entscheidend

Wie vorangehend erwähnt, werden bei der Verbrennung von Li-Ionen-Batterien sehr schädliche Gase und Rauch freigesetzt. Einer dieser Stoffe ist Fluorwasserstoff (HF), welcher schwere gesundheitliche Schäden verursachen kann. Der direkte Kontakt mit hohen Konzentrationen kann im schlimmsten Fall zu einem akuten Herzstillstand führen. Dieser Kenntnis folgend sollte bei der Löschung von Bränden an Lithium-Batterien und Akkus nicht nur auf die richtige persönliche Schutzausrüstung sowie die Belüftung des Ortes bzw. Raums geachtet werden, sondern Betroffene sollten sich in einem Brandfall auch der Unberechenbarkeit von Li-Ionen-Batterien bewusst werden. So wurden trotz verschiedener Sicherheitsvorkehrungen explosive Reaktionen beobachtet, die durch den aufgebauten Druck verursacht wurden.

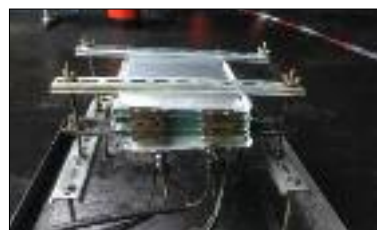
Mit den nachfolgend beschriebenen Tests wird auf diese Auswirkungen näher eingegangen. Die Ergebnisse sensibilisieren und zeigen auf, wie eklatant die Gefahren sein können. So haben sich einige Li-Ionen-Zellen

Versuchsaufbauten, von oben nach unten:

Für den Lösch-einsatz mit dem GLORIA WKL6P, 6 l Wasser mit Zusatz Imprex C (2% in separater Kartusche) wurden 49 Zellen des Typs 18650 mit 642 Wh sowie eine Dummy-Zelle zum Zünden verwendet.

Beim Löschversuch mit dem GLORIA WKL9P, 9 l Wasser mit Zusatz Imprex C (2% in separater Kartusche) wurden 98 Zellen des Typs 18650 mit 1285 Wh sowie zwei Dummy-Zellen zum Zünden verwendet.

Für den weiteren Lösch-einsatz mit dem GLORIA WKL9P, 9 l Wasser mit Zusatz Imprex C (2% in separater Kartusche) wurden sieben Pouch-Zellen mit 700 Wh eingesetzt. (Fotos: GLORIA)



sogar aus dem beschriebenen Testaufbau gelöst und wurden in einer Entfernung von mehr als 10 Metern gefunden.

Aussagekräftige Tests

Die Entwicklung eines geeigneten Li-Ionen-Löschers ist die eine Sache. Um aber die Effektivität des Produkts sicherzustellen und nachzuweisen, bedarf es herstellereitig geeigneter Tests, die sich auf herstellerspezifische Feuerlöschermodele mit Zulassung nach DIN EN3 und exakt definierte Li-Ionen Batterien beziehen. Diese Tests sollten ausschließlich von hochqualifiziertem Personal und unter Einbindung eines Prüfinstituts – wie in diesem Fall der renommierten niederländischen KIWA, einer der 20 weltweit führenden Anbieter für Testen, Inspezieren und Zertifizieren – durchgeführt werden.

In diesem Zusammenhang muss verdeutlicht werden, dass Tests, die durch nicht adäquat qualifizierte Mitarbeiter/Personen durchgeführt werden, die Ergebnisse verfälschen. Die nachfolgend dokumentierten Aussagen und Schlussfolgerungen lassen sich daher nicht auf beliebige Li-Ionen-Löschers anderer Hersteller übertragen. Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf die Feuerlöscher GLORIA WKL6P, 6 l Wasser mit Zusatz Imprex C (2 % separat in Kar-

tusche) und GLORIA WKL9P, 9 l Wasser mit Zusatz Imprex C (2 % separat in Kartusche), wie sie unter den angegebenen Bedingungen getestet wurden. Deshalb erübrigen sich andere Interpretationen oder Schlussfolgerungen als die, die im nachfolgenden Bericht angegeben sind.

Aufgrund der schnellen Entwicklung von Li-Ionen-Batterien, ihrer zunehmenden Kapazitätssteigerung und Energiedichte sind die Erkenntnisse der gemeinsam mit KIWA durchgeführten Tests weder auf andere Li-Ionen-Energiespeicher noch auf Löscher anderer Hersteller übertragbar.

Es muss verdeutlicht werden, dass sich beeinflussende Faktoren wie die Anpassung des Löschmittels oder der zugehörigen Techniken sowie die Art der Verpackung oder Lagerung der Li-Ionen-Batterien ebenfalls negativ auf die Löscheinleistung der Feuerlöscher auswirken können. Seitens KIWA wurde im Übrigen nicht ermittelt, wo und in welchem Umfang diese Feuerlöscher in Bezug auf die Verpackung, Lagerung und Verarbeitung von Li-Ionen-Batterien zu platzieren sind.

Testdurchführung unter Verwendung des „Mainstream“-Li-Ionen-Akku Typs 18650

Für den Versuch kamen Li-Ionen Akkus des Typs 18650 zum Einsatz, welche zum aktuellen Zeitpunkt 2020 als repräsentativste Akkus auf dem Markt gelten. Die Zellen sind auf >95 % State of Charge (SOC) geladen und weisen eine Mindestspannung von 4,1 Volt sowie eine Leistung von 3200 mAh auf.

Für den Test wurden die zylindrischen Li-Ionen-Batterien zu Fünfer-Sets zusammengefasst. Beim oben beschriebenen Löschversuch mit dem WKL6P wurde eine der 50 Zellen durch eine Dummy-Zelle ersetzt, in der das Heizelement implementiert war. Mittels dieser Konfiguration konnte ein thermisches Durchgehen einer Zelle bzw. bei der Löschung mit dem WKL9P von zwei der 100 Zellen simuliert werden. Die Dummy-Zelle wurde so im Testaufbau positioniert, dass eine optimale

Wärmeausbreitung zwischen den Zellen ermöglicht werden konnte. Dabei wurde der Zellsatz seitlich in die Testumgebung gelegt und in einen Metallrahmen eingespannt. An den Kopfenden des Testaufbaus wurde eine feuerfeste Platte angebracht und der Kontakt zu Metall vermieden, was einen eventuell beeinflussenden Kühleffekt des Metalls auf die Zelle ausschloss. So konnte ein möglichst repräsentativer Aufbau geschaffen werden, in dem der reine Li-Ionen-Brand gelöscht werden musste und welcher die volle Kühlleistung des Löschmittels beanspruchte.

Testdurchführung unter Verwendung von Pouch-Zellen

Für den Versuch wurden Li-Co/NMC-Akkus mit 100 Wh eingesetzt. Die Pouch-Bag-Zellen als weit verbreitete Bauform der Lithium-Ionen-Akkumulatoren wurden zu 95 % geladen und verfügen über eine Mindestspannung von 4,1 Volt. Sie wurden zu einem Bündel von sieben Stück gestapelt, in einen Rahmen eingespannt und mittels Überladung gezündet. Zu beachten ist, dass bei diesem Versuchsaufbau keine feuerfeste Platte verwendet wurde. Entsprechend war die Abstrahlung der Wärme dieses Testaufbaus mit den Pouch-Zellen so groß, dass der Kühleffekt des Rahmens irrelevant war.

Bei diesem Versuchsaufbau in der Versuchsreihe handelte es sich nicht um ein reines Lithium-Feuer, wie es beim Test von Feuerlöschern nach EN 3-7/A1 gefordert wird. Vielmehr wurden bei diesem Test Lithium-Akkus verwendet, die lediglich zu einem geringen Teil aus Lithium bestehen. Der Testaufbau mit den darin befindlichen Zellen wurde am Teststandort aufgebaut und mit einer eindeutigen Markierung versehen, die alle Testaufbauten gleichermaßen identifizierbar machte. Alle Zellen wurden vor dem Test nicht nur exakt auf die richtige Spannung geprüft, sondern es wurde auch der Nachweis erbracht, dass der Testaufbau die Voraussetzungen des Prüfplans erfüllt.

Testbrand ohne Löschversuch dient als Referenz

Als Referenzprüfung wurde für jeden Testaufbau ein Vorab-Testbrand durchgeführt. In diesem konnte überprüft werden, ob der Versuchsaufbau funktioniert und alle Zellen (49/98 Zellen des Typs 18650 bzw. 7 Pouches) ohne Feuerlöschung zünden. Diese Situation wurde bei allen Testaufbauten beobachtet. Es wurden sowohl vor dem Testbeginn Messungen durchgeführt, die den vollen Ladezustand der Zellen feststellen sollten, als auch nach dem Feuer-test, die belegen, dass keine der Zellen mehr Spannung aufwies.

Sämtliche Tests wurden jeweils dreimal im Freien bei Umgebungstemperaturen zwischen 8,6 °C und 11 °C, einer 76-79 %-igen Luftfeuchtigkeit, bewölktem Himmel und ohne Regen durchgeführt.

Prüfung 1

- 6 Liter-Feuerlöscher
- Versuchsaufbau: 49x 18650 + 1 Dummy-Zelle
- Die Aufheizung der Dummy-Zelle beginnt bei: 00:00:00
- Das thermische Durchgehen beginnt um: +0:05:09
- Flammen werden beobachtet bei: +0:00:36
- Beginn des Löschvorgangs: +0:00:10
- Keine Flammen mehr beobachtet nach: +0:00:11
- Der Löschvorgang wird beendet um: +0:02:13
- Es wurde keine Rückzündung beobachtet bis: > 120 Minuten
- Verbleibende aktive Zellen: >20*
- Ergebnis: Bestanden



Foto: GLORIA

* Aktive Zellen zeigten am Messgerät nach dem Versuch noch Spannung an, inaktive Zellen hatten keine Spannung mehr, müssen aber nicht zwangsläufig „explodiert/durchgegangen“ sein.

Prüfung 2

- 9 Liter-Feuerlöscher
- Versuchsaufbau: 98 x 18650 + 2 Dummy-Zellen
- Die Aufheizung der Dummy-Zelle beginnt bei: 00:00:00
- Das thermische Durchgehen beginnt um: +0:05:05
- Das zweite thermische Durchgehen beginnt um +0:00:14
- Flammen werden beobachtet bei: +0:00:28
- Beginn des Löschvorgangs: +0:00:17
- Keine Flammen mehr beobachtet nach: +0:00:15
- Der Löschvorgang wird beendet um: +0:02:31
- Es wurde keine Rückzündung beobachtet bis: > 120 Minuten
- Verbleibende aktive Zellen: >20*
- Ergebnis: Bestanden



Foto: GLORIA

Prüfung 3

- 9 Liter-Feuerlöscher
- Versuchsaufbau: 7 Pouches
- Die Aufheizung der Dummy-Zelle beginnt bei: 00:00:00
- Das thermische Durchgehen beginnt um: +0:15:37
- Flammen werden beobachtet bei: +0:00:00
- Beginn des Löschvorgangs: +0:00:06
- Keine Flammen mehr beobachtet nach: +0:00:05
- Der Löschvorgang wird beendet um: +0:02:17
- Es wurde keine Rückzündung beobachtet bis: > 120 Minuten
- Verbleibende aktive Zellen: 4*
- Ergebnis: Bestanden



Foto: GLORIA

Versuchsergebnisse belegen effektive Löschung von Li-Ionen-Bränden

Aus den durchgeführten Brandversuchen mit den GLORIA Feuerlöschern und den Ergebnissen dieser ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Die beiden in den vorher beschriebenen Brandtests verwendeten Feuerlöscher GLORIA WKL6P und WKL9P belegen, dass der Brand eines Li-Ionen Akkus mit einem Wasserfeuerlöscher mit Zusatz gestoppt werden kann.

Die Testresultate ergeben außerdem, dass der Einsatz dieser beiden Feuerlöscher einen direkten Einfluss auf die Brandentwicklung in diesem Brandversuchsaufbau hat, in dem Flammenerscheinungen sofort unterdrückt werden konnten. Außerdem ist es nach dem Einsatz der beiden Feuerlöscher zu keiner Rückzündung der Li-Ionen Batterien in diesem Versuchsaufbau gekommen, was nachfolgende Rückschlüsse zulässt:

Beide Feuerlöscher können einen diesem Testaufbau entsprechenden Li-Ionen-Brand effektiv löschen. Der während des Löschens des Testaufbaus beobachtete permanente Temperaturabfall lässt die Li-Ionen-Batterien unter die Temperaturgrenze fallen, bei der eine Wiederzündung möglich gewesen wäre.

Beide GLORIA WKL-Modelle sind wartungsfreundliche Kartuschengereäte und aufgrund der Zulassung nach DIN EN3 auch für klassische Brände der Brandklasse A in Arbeitsstätten oder für zu Hause einsetzbar.

Hinweis

Der Test mit dem GLORIA WKL 6 P wurde auf einem Testaufbau mit 49 x Li-Ion 18650 3,2 Ah = 156,8 Ah • 4,1 Volt = 642,88 Wh durchgeführt.

Der Test mit dem GLORIA WKL 9 P wurde auf einem Testaufbau mit 98 x Li-Ion 18650 3,2 Ah = 313,6 Ah • 4,1 Volt = 1285,76 Wh und auf einem Testaufbau mit 7x 100 Wh LiCo/NMC-Technologie = 700 Wh durchgeführt.



Der Autor dieses Beitrags, **Jürgen Petermann**, ist Produktmanager und technischer Leiter der GLORIA GmbH mit mehr als 25 Jahren Erfahrung im vorbeugenden Brandschutz.

Kontakt: juergen.petermann@gloria.de

Li-Co/NMC-Akkus: Hochstromfeste Akkus mit hoher Energiedichte, ursprünglich mit Lithium-Cobaltdioxid als Elektrodenmaterial, heute mit Mischoxiden als Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxid-(NMC-)Akkus eingesetzt.