

Foto: iStock / weerapatkiatdumrong



DER DAUERBR

Text: ELFR Dr. Otto Widetschek

R

Rückholaktionen von E-Geräten

In den letzten Jahren hat es viele Rückholaktionen bei elektronischen Geräten gegeben, die mit Lithium-Ionen-Batterien ausgerüstet sind. So mussten beispielsweise Millionen von Handys der Typen Samsung Galaxy (Note 7), Apple-i-Phone und Notebooks der Marken Hewlett Packard und Dell aus Gründen der Brandgefahr von den Nutzern an die Auslieferungsfirmen rückerstattet werden. Beim Langstrecken-Verkehrsflugzeug der Type Boeing 787

(Dreamliner) kam es im Jahre 2013 zu Bränden an Lithium-Ionen-Akkus sogar im Bereich der Bordelektronik. Die Folge war ein Flugverbot über vier Monate.

Viele Brände sind bereits auch an E-Autos, E-Mopeds sowie Elektro-Fahrrädern aufgetreten. Die Entsorgerfirmen klagen zunehmend über große Brandschäden und haben bereits Probleme mit den Versicherungsanstalten. Aber eines war dabei immer gewiss: Es waren Lithium-Ionen-Zellen im Spiel!

Kraftwerke im Handtaschenformat

Lithiumbatterien werden oft als Kraftwerke im Handtaschenformat bezeichnet. Der Grund dafür liegt in ihrer hohen Energiedichte auf kleinstem Raum. Gegenüber den vor Jahren gebräuchlichen

Batterien ist nämlich heute die Leistung moderner Batterien bei wesentlich geringerer Größe immer größer geworden.

Gefahren in der Praxis!

Grundsätzlich können bei gutem Fertigungsstandard, bei zertifizierten Lade- und Zellenüberwachungssystemen sowie sachgerechter Handhabung Lithium-Ionen-Speichermedien als ausreichend sicher eingestuft werden. Die große Nachfrage nach Lithium-Ionen-Akkus hat aber unter anderem auch dafür gesorgt, dass schlechte Produkte auf den Markt kommen. Schwachstelle ist dabei vor allem die hauchdünne Trennschicht in den Akkus, der sogenannte Separator, der Minus- und Pluspol voneinander trennt. Wird dieser Separator fehlerhaft eingebaut oder beschädigt, kann es zu einem Kurzschluss



Sie sind nicht nur eine der innovativsten Entdeckungen der letzten Jahrzehnte, sondern stellen auch im wahrsten Sinn des Wortes einen „Dauerbrenner“ dar: Lithium-Ionen-Batterien! Dabei wird versucht, die am universellsten einsetzbare elektrische Energie auf kleinstem Raum zu speichern. Mit dem unangenehmen Nebeneffekt, dass derartige kompakte Energiespeicher auch lästige und dauerhafte Brände entwickeln können. Damit ergibt sich aber eine neue Aufgabe für unsere Feuerwehren, denn diese „Dauerbrenner“ können sich noch Tage und Wochen thermisch umsetzen!

ENNER!

kommen und der Akku Feuer fangen oder sogar explodieren.

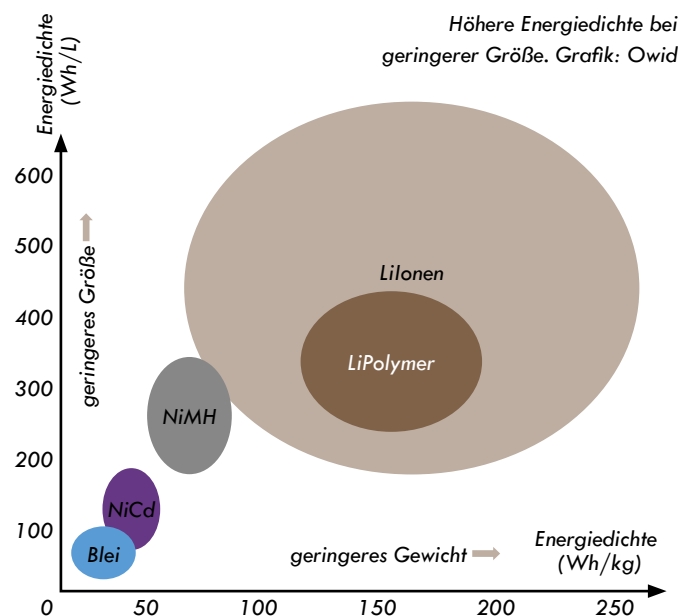
Aber auch das Überladen, das Tiefentladen, heftige Stöße oder starke Vibrationen können einen Akku beschädigen. Dazu kommen Gefahren beim Überschreiten der zugelassenen Temperaturbereiche, etwa wenn es zu heiß oder zu kalt wird.

Was ist eine galvanische Zelle?

Das Grundprinzip einer Batterie bildet die galvanische Zelle. Sie wandelt chemische in elektrische Energie um und

enthält zwei Elektroden aus verschiedenen Metallen, die in eine stromleitende wässrige Lösung, den Elektrolyten eingetaucht sind.

Verschiedene Metalle besitzen ein unterschiedlich starkes Bestreben Elektronen aufzunehmen. Man spricht von der Elektronegativität, wobei hier das unedle Element Lithium an der Spitze steht. Gibt man zwei Metallstäbe (Anode und Kathode) in eine elektrisch leitende Flüssigkeit (Elektrolyt), fließt Strom (Elektronen) vom edleren zum unedleren Metall. Das ist das Grundprinzip einer galvanischen Zelle.



LITHIUM-IONEN-BATTERIEN AM PRÜFSTAND

Welche galvanischen Zellen gibt es?

Man unterscheidet grundsätzlich drei Gruppen von galvanischen Zellen:

Primärzellen

- Das sind unsere herkömmlichen Batterien. Sie werden einmalig entladen und können nicht mehr aufgeladen werden.

Sekundärzellen

- Das sind umgangssprachlich Akkumulatoren oder kurz Akkus. Sie können über einen bestimmten Zeitraum umkehrbar wieder aufgeladen werden.

Tertiärzellen

- Darunter versteht man in der Regel Brennstoffzellen, welche keine Energiespeicher, sondern Energiewandler sind. Dabei wird laufend chemische Energie (aus einem Gasspeicher, z. B. Wasserstoff) in elektrische Energie umgewandelt („Gasbatterie“).

Was wird dabei grundsätzlich gemacht?

Man versucht die universellste Energieform, die elektrische Energie, welche die Fähigkeit besitzt, mechanische Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Licht auszustrahlen, in kompakter Weise zu speichern.

Chemie-Nobelpreis 2019

Wie groß die Bedeutung galvanischer Zellen in unserer technisierten Welt ist, wird durch die Verleihung des Chemie-Nobelpreises 2019 unterstrichen, der an die Wissenschaftler John Goodenough (USA), Stanley Whittingham (Großbritannien) und Akira Yoshino (Japan) gegangen ist. Sie wurden dabei für ihre Leistungen auf dem Gebiete

der Batterieentwicklung von der Schwedischen Akademie der Wissenschaften ausgezeichnet. „Lithium-Ionen-Batterien haben unser Leben revolutioniert“, schreibt in diesem Zusammenhang das Nobelpreiskomitee in seiner Begründung.

Brandursachen

Diese „Wunderspeicher“ haben jedoch ein Makel: Sie können Durchgehen, was auch als „Thermal Runaway“ bezeichnet wird. Dabei entsteht eine sich selbst verstärkende, exotherme Reaktion mit hohen Temperaturen. Bei Lithium-Ionen-Zellen können in der Praxis im Wesentlichen drei Ursachen dafür festgestellt werden:

- **Mechanische Beschädigung**
Innerer Kurzschluss durch Unfälle, Erschütterungen, Produktionsfehler etc.
- **Elektrische Belastung**
Durchgehen bei Tiefenentladung, Überladung, elektrischen Abnutzungsschäden etc.
- **Thermische Belastung**
Temperatureinwirkung durch äußere Flammeneinwirkung (Brand) etc.

Wissenschaftliche Untersuchungen

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben sich Brandschutzforscher mit dem Brandverhalten von Lithium-Ionen- und Lithium-Metall-Batterien befasst und dazu einen umfassenden Forschungsbericht veröffentlicht.

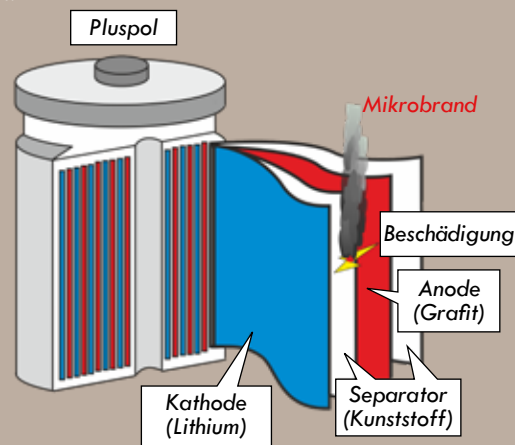
HOBBYRAUM NACH LADEGERÄTEEXPLOSION VERWÜSTET



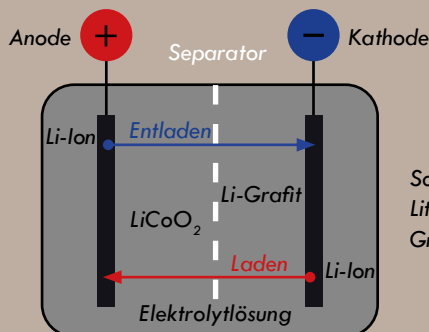
Foto: EBI Franz Fröhlich

Seine Leidenschaft für den Modellflugzeugbau wurde einem Hobbybastler in der Weststeiermark beinahe zum Verhängnis. In Gutenacker (Gemeinde St. Martin im Sulmtal), kam es am Nachmittag, des 7. August 2019, während des Ladevorganges einer Lithium-Ionen-Batterie für eines seiner zahlreichen Flugzeugmodelle, plötzlich zu einer Explosion, wobei sich das Feuer im Hobbyraum ausbreitete.

Der Besitzer konnte mit seinem Feuerlöscher die Flammen eindämmen und verständigte in der Folge die Feuerwehr. Die Feuerwehren Otternitz und St. Martin im Sulmtal rückten nach der Alarmierung um 13.54 Uhr mit 16 Mann und vier Fahrzeugen zum Einsatzort aus. Dort konnte rasch Entwarnung gegeben werden, es waren lediglich noch Nachlöscharbeiten erforderlich, mit einem Drucklüfter wurde der Raum rauchfrei gemacht. Der sichtlich benommene Hobbybastler wurde vom Roten Kreuz in das Landeskrankenhaus Weststeiermark in Deutschlandsberg eingeliefert.



Schematische Darstellung einer Brandentstehung. Grafik: OWID



Schematischer Aufbau einer Lithium-Ionen-Zelle. Grafik: Owid



Eigene Brandversuche. Fotos: Owid

Für den Feuerwehreinsatz kann man dabei personenschutz- und umweltrelevante Erfordernisse in dreierlei Hinsicht ableiten:

- **Persönliche Schutzausrüstung**
Die Brandgase sind toxisch und können neben Kohlenmonoxid auch fluorierte Kohlenwasserstoffe, Fluss- und Phosphorsäure sowie aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten. Beim Einsatz ist daher – neben einer entsprechenden Schutzbekleidung – der schwere Atemschutz auch bei kleineren Brandereignissen von großer Bedeutung.
- **Brandbekämpfung**
Das Löschen von Lithiumbatteriebränden kann sehr langwierig sein und kann nur mit einem kühlenden Löschmittel erfolgen. Dies ist im Wesentlichen Wasser, wobei auch oberflächenaktive Zusätze verwendet werden können.
- **Löschmittelrückhaltung**
Da sich im Löschwasser und Brandschutt auch giftige Schwermetalle (Kobalt- und

Nickelverbindungen) und andere toxische Substanzen befinden können, ist eine fachgerechte Entsorgung notwendig.

Eigene Brandversuche

Im November und Dezember 2019 hat das Brandschutzforum Austria in Kooperation mit der Fa. Accupower Forschungs-, Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft GmbH aus Graz, Brandversuche mit Lithium-Ionen-Zellen an der Feuerwehr- und Zivilschutzschule Steiermark durchgeführt. Im Speziellen wurde das Brandverhalten durch Temperatur- bzw. Flammeneinwirkung der Batterien von außen, in einem speziell für die Lagerung vorgesehenen Sicherheitsschrank, untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Batterien nach Erreichen von etwa 250 °C bereits zerplatzen und große Mengen an Zersetzungsgasen freisetzen können. Ab etwa 600 °C erfolgt ein Zellenbrand, der einen kettenreaktionsartigen Verlauf zeigt. Der speziell konstruierte Lagerschrank besitzt eine Rohrzuführung mit Düsen über welche Kühlwasser eingebracht werden kann. Nach Flutung

der brennenden Batteriezellen konnte der Brand relativ rasch unter Kontrolle gebracht werden.

Transport

Lithiumbatterien werden nach ADR/RID in die Klasse 9 (Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände) eingestuft. Seit 1. Jänner 2017 gibt es für Lithiumbatterien einen neuen Gefährzettel 9A zur Kennzeichnung von Versandstücken.

Dies gilt für folgende UN-Nummern:

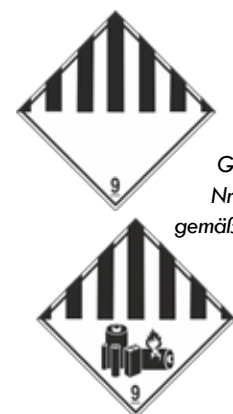
- 3090 Lithium-Metall-Batterien
- 3091 Lithium-Metall-Batterien in Ausrüstungen (mit und ohne Verpackung)
- 3480 Lithium-Ionen-Batterien,
- 3481 Lithium-Ionen-Batterien (mit und ohne Verpackung)

Die Kennzeichnungspflicht beginnt am 1. Jänner 2019. Einen entsprechenden Großzettel für die Kennzeichnung von Fahrzeugen und Containern gibt es nicht. Hier muss nach wie vor der Gefährzettel 9 verwendet werden.

Grundsätze bei der Brandbekämpfung

In einem Grundsatzpapier der Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Berufsfeuerwehren (AGBF) wird festgestellt, dass zur Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Speichermedien herkömmliche und somit bekannte Vorgehensweisen bei Brandeinsätzen grundsätzlich geeignet sind. Es können jedoch spezielle Gefährdungen im Einsatz auftreten:

- **Hohe Energiedichte**
Es kann zu intensiven Bränden, durch den teils in den Brandsubstanzen chemisch gebundenen Sauerstoff, kommen.
- **Thermisches Durchgehen**
Ein „Thermal Runaway“ hat in der Regel eine rasche und kettenreaktionsartige Brandausbreitung mit hoher Energiefreisetzung sowie starker Rauchentwicklung zur Folge.
- **Elektrischer Strom in Anlagenteilen**
Vor allem in Elektro- und Hybridfahrzeugen, aber auch in Hausspeicheranlagen können hohe Spannungen auftreten. Hier sind die Grundsätze der Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen und die bekannten Strahlrohrabstände einzuhalten.



Gefährzettel
Nr. 9 und 9A
gemäß ADR/RID

„DAS LÖSCHMITTEL DER WAHL BEI BATTERIEBRÄNDEN IST WASSER UND NOCHMAL WASSER!“

A

ufgaben

Die Feuerwehr hat auch bei einem derartigen Brandszenario wirksame Löschmaßnahmen durchzuführen und zu verhindern, dass eine weitere unkontrollierte Brand- und Rauchausbreitung erfolgt. Im weiteren Verlauf sollte die Wärmeentwicklung der in Brand geratenen Lithium-Ionen-Zellen überwacht werden (Beobachtungen, Einsatz von Wärmebildkameras etc.). Da eine spätere Rückzündung nicht ausgeschlossen werden kann, sollen die Brandreste an einen sicheren Ort verbracht bzw. einem Entsorger übergeben werden.

Löschmittel

Es wird bei allen einschlägigen Brandfällen Wasser (eventuell mit oberflächenaktiven Zusätzen) empfohlen. Anmerkung: Die Löschmittel Metallbrand- bzw. ABC-Pulver und Kohlendioxid (CO₂) erzielen keinen ausreichenden Kühleffekt! Durch eine möglichst früh-

zeitige und ausreichende Kühlung mit Wasser kann ein thermisches durchgehen von Lithium-Ionen-Zellen verhindert werden. Die Wärmeentwicklung der Batterie bzw. ihrer Einhausung sollte bis zur Übergabe der Einsatzstelle z. B. mittels Wärmebildkamera regelmäßig kontrolliert werden. Es kann meist von der Feuerwehr nur „Brand unter Kontrolle“ festgestellt werden, da es bis zum „Brand Aus“ zu tage- bis wochenlangen chemischen Umsetzungen kommen kann. Deswegen können die in Frage stehenden Anlageteile in entsprechenden Behältnissen unter Wasser gesetzt werden.

Persönliche Schutzausrüstung

Bei Bränden von Lithium-Ionen-Speichermedien können, wie bei vielen anderen Bränden auch, krebserregende Kohlenwasserstoffe, Flusssäure sowie Schwermetallablagerungen auftreten. Somit sind eine Schutzkleidung nach EN 469 sowie das Vorgehen mit schwerem (umluftunabhängigem) Atemschutz erforderlich.

Lagerungen

Lagerungen von Lithium-Ionen-Speichermedien stellen ein schwierig abzuschätzendes Risiko dar. Deswegen sind bereits im präventiven Bereich bauliche Maßnahmen (kleine Brandabschnitte) und technische Einrichtungen (Sprinkleranlagen) anzustreben. Die Lagerung sollte dabei in transportablen Sicherheitsschränken (siehe Brand-

versuche) erfolgen, die im Gefahrenfall relativ rasch mit Hubstaplern ins Freie gebracht werden können. Damit wird ein Brandübergreif auf weitere Lagerungen und eine unangenehme Kontamination der Lagerhalle vermieden.

Entsorgung

Gerade der letzte Brand eines Elektroautos der Marke Tesla in Tirol hat die Diskussion um die zeitnahe Entsorgung derartiger Autowracks medial angefeuert. Wochenlang war keine Fachfirma bereit, eine fachgerechte Entsorgung durchzuführen. Hier besteht rascher Handlungsbedarf, denn es kann nicht sein, dass die nicht unproblematischen thermischen Überreste von Elektrofahrzeugen tage-, wochen- und monatelang in den Hinterhöfen unserer Feuerwachen abgelagert werden.

Literaturhinweise

BUSER M.: Lithium Batterien – Brandgefahren und Sicherheitsrisiken – Effektive Schadenverhütung und wirksame Brandbekämpfung. Risk Experts Risiko Engineering GmbH, Wien (2016).

DEUTSCHER FEUERWEHR-VERBAND: Risikoeinschätzung Lithium-Ionen Speichermedien; AGBF c/o München, 2018.

KUNKELMANN J.: Untersuchung des Brandverhaltens von Lithium-Ionen- und Lithium-Metall-Batterien in verschiedenen Anwendungen und Ableitung einsatztaktischer Empfehlungen; Forschungsbericht Nr. 175, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2015.

MÄHLISS J.: Aufbau, Funktionsweise und Gefährdungspotential von Li-Ionen-Zellen. Batteryuniversity.eu GmbH (2012).

Merkblatt des BSW (Bundesverband Solarwirtschaft e.V.): Einsatz an stationären Lithium-Solarstromspeichern (2014).

VdS 3103: Lithium Batterien. VdS Schadenverhütung GmbH, Köln (2016).

„Löschen durch Fluten!“ – der Wechselaufbau der FF Schwaz in Tirol.
Foto: FF Schwaz



Die Entdeckung von Luigi Galvani

Batterien sind dem Grunde nach galvanische Zellen, welche durch das berühmte „Froschschenkel-Experiment“ des italienischen Arztes Luigi Galvani, bekannt geworden sind. Dabei werden zwei unterschiedlich metallische Elektroden in einen leitfähigen Elektrolyten getaucht – und es fließt Strom!

Elektrochemische Spannungsreihe

Der naturwissenschaftliche Hintergrund: Dabei entstehen nämlich durch die unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften der Metallelektroden Spannungsunterschiede, welche in einer Batteriezelle nutzbar gemacht werden können. In der Chemie sprechen wir dabei von der elektrochemischen Spannungsreihe, bei welcher das Element Lithium an der Spitze steht. Es ist nicht nur das leichteste Metall, sondern besitzt das größte elektrochemische Potenzial und liefert die größte Energiedichte pro Gewichtseinheit. Dadurch hat sich Lithium quasi bei der modernen Stromerzeugung zum „Wunderelement“ gemauert!

Auf Erfolgskurs

Besonders erfolgreich ist derzeit die so genannte Lithium-Ionen-Batterie, die erstmals im Jahre 1991 auf den Markt gebracht wurde. Ihre Vorteile gegenüber herkömmlichen Blei-Akkus, Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Batterien, sind unter anderem die hohe Energiedichte, die relativ geringe Selbstentladung und das Fehlen des in der Elektronik gefürchteten Memoryeffektes. Damit ist diese Batterietype derzeit auf Erfolgskurs!

Die Nachteile!

Doch eines ist klar: Es gibt keine Rosen ohne Dornen! Denn Lithium-Ionen-Batterien besitzen auch Nachteile! Es sind dies unter anderem die hohen

„WUNDERELEMENT LITHIUM“

Erfolgreich, aber brandgefährlich!



Dr. Otto Widetschek

kommentiert

Sie stecken in fast allen elektrischen Geräten: Lithium-Ionen-Akkus. Man findet sie nicht nur in Zahnbürsten, Smartphones und Laptops, sondern auch in E-Bikes, Elektroautos, Rasenmähern und Flugzeugen. Sie sind allgegenwärtig und jede Feuerwehr muss daher früher oder später einmal damit rechnen, mit einem Brand von Lithium-Ionen-Zellen konfrontiert zu werden. Wie kann man derartige Brände jedoch löschen?

Herstellungskosten und die Notwendigkeit einer Schutzschaltung zur Begrenzung von Spannung und Strom sowie die relativ rasche Alterung. Nicht zu vergessen sind auch das Risiko von Kurzschlüssen und die damit immer mehr in den Vordergrund tretenden Brandgefahren. Und damit wären wir bereits beim Thema: Brände von Lithium-Ionen-Batterien!

Ein Mythos geht um!

Leider kursiert in diesem Zusammenhang in Feuerwehrcreisen ein Mythos, der da lautet: Brände von Lithium-Ionen-Akkus sind de facto „unlöslichbar“! In manchen

Medien werden in diesem Zusammenhang wahre Schauer geschichten erzählt und tragen so zur Verunsicherung unserer Einsatzkräfte bei. „Das stimmt schlichtweg nicht“, sagt dazu Peter Bachmeier, Leitender Branddirektor bei der Feuerwehr München. „Es ist sogar so, dass die herkömmliche und somit bekannte Taktik bei Brandeinsätzen grundsätzlich auch für Brände von Lithium-Ionen-Speichermedien geeignet ist.“

Empfehlungen von AGBF und DFV

Bachmeier muss es eigentlich wissen, denn er ist Vorsit-

zender des Fachausschusses „Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz“ der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) und des Deutschen Feuerwehrverbandes (DFV). Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus ganz Deutschland sowie Experten aus der Industrie hat er bereits 2014 die erste Fachempfehlung zum gegenständlichen Thema entwickelt und veröffentlicht. Das kürzlich aktualisierte Dokument stellt neben den Aspekten für den Vorbeugenden Brandschutz gleichzeitig auch die Taktikempfehlungen für Berufs-, Betriebs- und Freiwillige Feuerwehrleute in kompakter Weise dar.

Löschen durch „Tauchen“?

Das Ergebnis dieser Studie kann in knappen Worten so dargestellt werden: Brände von Lithium-Ionen-Batterien sind keine typischen Metallbrände, weil das Lithium nicht frei vorkommt. Daher ist das Löschen mit Metallbrandpulver nicht zielführend, ebenso wie mit Flamm- und Glutbrandpulver und Kohlendioxid. Das einzige empfohlene Löschmittel ist daher Wasser (ev. mit Zusätzen zur Herabsetzung der Oberflächenspannung). Interessant: Es kann von der Feuerwehr dabei vielfach nur „Brand unter Kontrolle“ gegeben werden, da es bis zum „Brand aus“ zu einem tage- bis wochenlangen chemischen Prozess kommen kann. Deswegen ist es auch sinnvoll, die sich thermisch zersetzenden Batteriezellen in einem Wasserbad zu deponieren, also unterzutauchen. Damit tritt eine bis dato kaum gekannte Löschmethode in den Vordergrund der Feuerwehrpraxis und wir werden in Zukunft öfter mit der Rückmeldung „Batteriebrand durch Tauchen im Wasserbad unter Kontrolle!“ konfrontiert werden. Ja, Lithium-Ionen-Zellen sind sehr erfolgreich in ihrer tag-täglichen Verwendung, aber auch brandgefährlich!