



Durch technischen Defekt in Brand geratene Lithiumbatterien



GEBANNTGE GEFAHR

Bei fehlerhafter Installation können sich LITHIUM-AKKUS selbst entzünden. Wie man das Brandrisiko minimiert und welche besonderen LÖSCHMITTEL für den Notfall an Bord sein sollten

Die gute Nachricht vorweg: „Segelboote spielen bei Bränden durch Lithiumbatterien eine untergeordnete Rolle“, so Holger Flindt vom Yachtversicherer Pantaenius. Anders bei E-angetriebenen Motorbooten, deren Fahrer durch superschnelle Ladung gern binnen kurzer Zeit wieder flott sein wollen.

DIE CHEMIE MUSS STIMMEN

Wie schnell, intensiv und auf welche Weise sich ein Lithiumfeuer entfacht, ist vom Akku-

typ abhängig. Lithiumakku ist ein Sammelbegriff einer ganzen Batteriefamilie. Die kompaktesten und leichtesten Typen, Lithium-Ionen-Polymer (LiPo) und Lithium-Kobalt (LiCo), sind am gefährlichsten; sie eignen sich deshalb nicht für große Schiffsbatterien. Gleichwohl existieren sie auf jeder Yacht, denn sie kommen als Handys, Tablets und Laptops an Bord. Trotz ihrer geringen Größe bergen sie die Gefahr einer Überhitzung.

Für Pkws oder E-Bikes werden oft Lithium-Nickel-Kobalt-Mix- (NMC bzw. LiNiCo-

Al₂O₂) oder Lithium-Magnesium- (LMO bzw. LiMn₂O₄)-Zellen eingesetzt. NMC, die zum Beispiel in den Autos von Tesla verbaut werden, sind mit ihrer hohen Energiedichte auch für Yachten interessant, stellen aber ein Sicherheitsrisiko dar. Durch freien Sauerstoff im NMC-Mix brennen sie sogar unter Wasser weiter. Deutlich besser geeignet sind Lithium-Eisen-Phosphat-Akkus (LiFe oder LiFePO₄). Sie besitzen zwar nicht die Energiedichte der Li-NMC-Zellen, sind aber feuer-technisch wesentlich sicherer.



KONTROLLINSTANZ

Neben dem Fehlen des freien Sauerstoffs unterscheiden sich die Batterietypen in der sogenannten Runaway-Temperatur. Diese bringt zum Ausdruck, bei welcher Gradzahl sich der Akku durch Löschen oder Abtrennen vom Stromnetz kaum mehr abkühlen lässt. Bei Li-NMC ist das bereits ab 160 bis 180 Grad der Fall, während LiFePO₄-Akkus erst oberhalb von 250 Grad außer Kontrolle geraten.

SICHERES SYSTEM

Lithiumakkus sind nicht als Batterien im herkömmlichen Sinn anzusehen, sondern als Teil einer Anlage aus Zellen, Sensoren und Batteriemanagement-System (BMS), die zu den an Bord befindlichen Ladegeräten und Kabeln passen müssen.

Der Einbau von Lithiumbatterien auf Schiffen ist im Gegensatz zum Automobilbau nicht genormt. Während jedes Kfz durch den TÜV abgenommen werden muss, besteht diese Qualitätsprüfungsvorschrift für private Yachten nicht.

Zudem wird dem Fahrer eines Elektro- oder Hybrid-Autos nicht mehr Handlungsraum eingeräumt, als den Stecker an dafür vorgesehene Ladestationen anzuschließen. Anders verhält es sich beim Schiff, in dem alle möglichen Systeme vom Skipper kreuz und quer gekoppelt werden können. Bleiakkus aber ohne Rücksicht auf Kabelquerschnitt, Ladegerät oder Überwachung einfach durch Lithiumspeicher zu ersetzen kann zum russischen Roulette werden. Viele Lithiumbrände lassen sich auf einen mangelhaften Einbau zurückführen: Beispielsweise hat ein Batteriemanagement-System gefehlt, oder es wurde ein ungeeignetes Ladegerät benutzt.

Ein Großteil der Gefahren lässt sich durch den Einsatz eines integrierten Systems ausschließen. In diesem Fall steckt das BMS direkt im Akku, sorgt automatisch für den Ausgleich der Zellspannungen, überwacht Temperatur und Ladezustand und trennt den Akku notfalls vom Bordnetz. Einige Modelle übertragen die Informationen beispielsweise über CAN-Bus oder Bluetooth zu einem externen Display. Dann ist die Crew nicht nur über den Ladezustand im Bilde, sondern kann auch eventuell auftretende Probleme frühzeitig erkennen.

Derart robuste Systeme sind teurer als eine simple Einzelzellenlösung, dafür aber deutlich einfacher zu installieren und damit fehlersicherer.

Lithiumakkus benötigen ein **BATTERIEMANAGEMENT-SYSTEM** mit Notabschaltung – damit sinkt das Brandrisiko drastisch



LUXUS-LÖSUNG

Die Akkus sind per Bussystem mit den Ladequellen vernetzt, gefährliche Überladung ist damit praktisch ausgeschlossen. Es genügt aber auch, wenn das Überwachungssystem in der Batterie integriert ist und die Stromzufuhr notfalls beendet

UND WENN ES DOCH BRENNT?

Für einen Brand gibt es drei Voraussetzungen: brennbares Material, Sauerstoff und Hitze. Sobald auch nur eine dieser Komponenten entfällt, lässt sich das Feuer löschen. Allerdings gilt dies nicht bei Lithiumbatterien – speziell Li-NMC brennt auch ohne Sauerstoffzufuhr weiter! Strenggenommen handelt es sich hier nicht um ein herkömmliches Feuer, sondern um einen Metallbrand. Der Versuch, ausschließlich mit Wasser zu löschen, könnte die Situation sogar noch verschlimmern und durch eine Explosion fatal enden lassen. Bei Lithiumbränden treten extrem hohe Temperaturen von bis zu 3000 Grad Celsius auf. Bei diesen Bedingungen wird Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten, mit der Folge, dass sich hochexplosives Knallgas bildet.

Zugleich entstehen hochgiftige Substanzen: Neben Kohlenmonoxid und Kohlendioxid wird auch die äußerst giftige Fluorwasserstoffsäure freigesetzt. Diese Säure wird bei Hautkontakt unverzüglich absorbiert; Verätzungen tieferer Gewebeschichten bis zum Knochen können die Folge sein, ohne dass sogleich Schmerzen auftreten oder die Haut verletzt scheint. Ein Lithiumbrand ist deshalb eines der gefährlichsten und am schwersten zu bekämpfenden Feuer überhaupt.

Die herkömmlichen an Bord mitgeführten Löcher auf CO₂-, Pulver- oder Schaumbasis funktionieren gegen Brände von Li-

thiumbatterien schlecht. Durch die zunehmende Verbreitung der neuen Akkutechnologie wird aber auch verstärkt an besseren Lösungsverfahren geforscht.

SPEZIELLE LÖSCHMITTEL

Wenn einmal die Runaway-Temperatur erreicht ist, steigt die Hitze explosionsartig an, und ein Löschen des Feuers wird fast unmöglich. Auch für Metallbrände der Klasse D ausgelegte Feuerlöscher sind auf Schiffen nur bedingt geeignet, da sie zwar gegen Brände von reinen Metallen wie Aluminium, Magnesium, Natrium, Kalium oder Lithium vorgesehen sind. Als Löschmittel kommen aber meist trockener Sand, Metallbrandpulver oder trockener Zement zum Einsatz. Was für Temperaturen von weit über 1000 Grad gedacht ist. Damit lässt sich der Akku vielleicht löschen, das umgebende Material ist derartiger Hitze aber kaum gewachsen – sprich, der Brandherd schmilzt sich im Zweifel durch den Rumpf. Das Feuer muss also nicht nur gelöscht, sondern der Akku auch effektiv gekühlt werden.

MODIFIZIERTES WASSER

Das aus der USA stammende Löschmittel F-500 wird mit einer Konzentration von 1,8 Prozent dem normalen Wasser zugesetzt. Hierdurch werden, ähnlich wie bei handelsüblichem Spülmittel, die Wasserstoffbrückenbindungen zerstört, die Verdamp- →



Die separate Battery Interface Box (BIB) überwacht sämtliche Akkus und trennt den Strom bei drohender Überhitzung



Gelöschter Lithiumbrand auf einem E-Motorboot. Die gesamte Elektrik musste erneuert und das Boot gereinigt werden

fungstemperatur des Wassers sinkt dadurch von 100 Grad auf etwa 70 Grad.

Durch den Zusatz von F-500 werden die Wassertropfen während des Verdampfens quasi wie eine Zwiebel geschält. Der Hersteller behauptet, dass die Energieaufnahme dann um 26 Prozent steigt, da jeder Wassertropfen mehrfach zum Einsatz kommt: Erst verdampft die äußere Schale der Tropfen, dann die nächste Schicht und so weiter. Zudem wird die Tröpfchengröße durch ein Venturi-Hohlstrahlrohr verkleinert.

Im Verhältnis zu konventionellen Löschmethoden soll das mit F-500 versetzte Wasser die fünffache Energiemenge aufnehmen. Praktischer Nebeneffekt: Die kleinen Wassertropfen können dann auch bis zu 90 Prozent der gefährlichen Gase binden, gibt der Hersteller an.

Die durch die Brandbekämpfung entstehenden Sekundärschäden, die beim Einsatz von Pulverlöschern erheblich sein können, seien bei F-500 nicht schlimmer als bei herkömmlichem Wasser, da ja das Löschmittel zu 98,2 Prozent aus Wasser besteht. Die Tesla-Fabrik in Nevada ist beispielsweise mit einer F-500-Löschanlage ausgerüstet.

Handlöscher sind mit 3, 6 und 9 Liter Volumen erhältlich und kosten von 130 Euro an aufwärts.

GLIMMERFLOCKEN

Einen Schritt weiter geht das Löschmittel AVD (Aqua Vermikulit Dispersion), das ebenfalls auf die Verdampfung von Wasserteilchen setzt, um somit effektiv die Temperatur unter dem kritischen Runaway-Wert zu halten beziehungsweise zu senken.

Das aus England stammende Löschmittel von Dupré Minerals, das erst seit ein paar Jahren auf dem Markt ist, beginnt als Nebel, endet als Film und besteht aus einer Vermikulit-Dispersion. Die 150 Nanometer dünnen Glimmerflocken sind mit mikroskopisch kleinen Wasserpartikeln versetzt. Beim Löschen verdampft das Wasser sofort, was die Temperatur senkt. Die Tropfen sind extrem klein und bieten in ihrer Vielzahl eine große Angriffsfläche zum Verdampfen. AVD-Löschmittel besteht aus 17 Prozent Vermikulitflocken und 83 Prozent Wasser. Nach dem Verdampfen bildet das Vermikulit einen dünnen Film und deckt den Brandherd ab, sodass kein weiterer Sauerstoff an den Akku gelangen kann.

Während F-500 hauptsächlich aus Wasser besteht und ohne große Sekundärschäden eingesetzt werden kann, ist AVD wegen der Flockenbildung eher für den Noteinsatz gegen Lithiumbrände gedacht.

Für „gewöhnliche“ Kleinbrände an festen oder flüssigen Materialien sollte daher ein handelsüblicher Feuerlöscher mit CO₂-Schaum oder Pulver an Bord sein. Im Handel tragen Feuerlöscher mit AVD als Löschmittel den Namen Lith-Ex. Bisher sind aber

erst wenige Modelle auf dem Markt. 400-Milliliter-Handlöscher kosten etwa 50 Euro.

GLASGRANULAT

Das Brandbekämpfungsmittel Extover funktioniert in erster Linie als sauerstoffunterbrechende Feuerbarriere. Besonders Li-NMC-Batterien können aber auch ohne äußere Sauerstoffzufuhr weiterbrennen. Gefährliche Stichflammen, die die Umgebung zu entzünden vermögen, werden durch das Material eliminiert, und so kann die Lithiumbatterie unter dem Deckmantel aus Extover kontrolliert ausbrennen, so die Idee.

Extover besteht aus Glasballons mit einem bis vier Millimeter Durchmesser, die beispielsweise mit einer Schaufel oder aus einem Eimer über den Brand geschüttet werden; so wird der Feuerherd – ähnlich wie mit Sand – von der Umgebung abgeschirmt. Wenn die Schmelztemperatur von Glas erreicht ist (1000 bis 1600 Grad), wird dem Feuer Energie entzogen und somit die Temperatur gesenkt.

Auf einem Boot erscheint diese Löschmethode unpraktisch. Interessanter wird es, das Brandbekämpfungsmittel Extover präventiv einzusetzen. Das Material wird auch als Füllmaterial in Gefahrgutverpackungen für beschädigte Lithiumbatterien verwendet. Die so zu transportierenden Batterien sind ringsum in einem Schutzmantel aus Glasteilchen eingeschlossen. Ob sich diese Idee auch auf Booten anwenden lässt und künftig Lithiumbatterien präventiv in mit Extover ausgefüllten Batterieboxen installiert werden, wird sich zeigen.

Lithiumfeuerlöscher sind gegen Brände von kleinen Handy- und Laptopbatterien

LÖSCHMITTEL



Handfeuerlöscher sind mit F-500- und AVD-Löschmittel erhältlich. Mit ihnen lassen sich Brände von Handy- und Laptopakkus bekämpfen. Bei größeren Energiespeichern sind sie schnell überfordert; zumal ist es bei diesen Batterien oberhalb der kritischen Temperatur in der Regel zu gefährlich, einen Lösversuch zu starten. Bekämpfungsmittel wie das Extover-Granulat kapseln den Brandherd und können so Stichflammen und ein Übergreifen auf die Umgebung erschweren. Sie kühlen aber kaum, weshalb eine weitere Ausbreitung des Feuers sowie andere Hitzeschäden nicht ausgeschlossen sind.



TIPPS FÜR DEN SICHEREN BETRIEB

hervorragend geeignet und sollten daher schon aus diesem Grund ihren festen Platz an Bord haben.

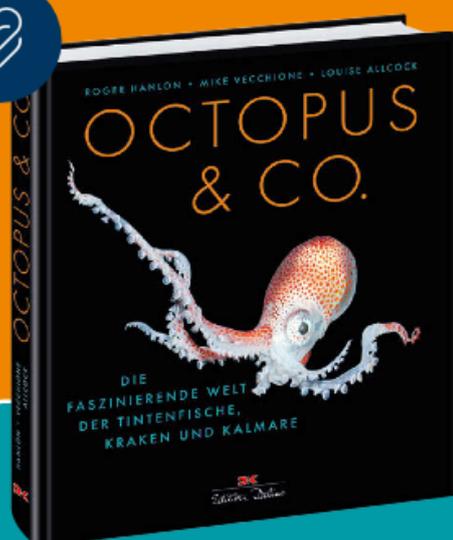
Für größere Lithiuminstallationen kann ein Feuerlöscher vor dem Erreichen der Run-away-Temperatur eingesetzt werden; danach wird es zu gefährlich, wenn nicht gar unmöglich, nahe genug an den Brandherd heranzugelangen. Der Temperaturanstieg bis zur kritischen Hitze verläuft glücklicherweise relativ langsam. So hat man etwa zehn Minuten Zeit, die Batterie von Netz zu trennen und abzukühlen.

FAZIT

Mit Lithium-Eisenphosphat-Technik sowie einer integrierten Temperatur- und Zellenüberwachung lassen sich die Akkus bei sachgerechter Installation tatsächlich sicher betreiben.

LEON SCHULZ

1. Nur Lithium-Eisenphosphat-Akkus einsetzen (LiFePO₄)
2. Ladegeräte mit Lithiumprogramm verwenden, um Überladung zu vermeiden
3. Verkabelung prüfen und an die deutlich höheren Ladeströme anpassen
4. Beim Parallelschalten von mehreren Lithiumzellen zu einer Batteriebank muss zwingend ein Batteriemangement-System (BMS) eingebaut werden. Es sollte neben dem Ausgleich der Zellspannungen auch die Temperaturüberwachung und Notabschaltung der Akkus übernehmen
5. Unterspannungs- und Überladungsschutz sind obligatorisch, bei Einzelzellensystemen aber nicht immer vorgesehen
6. Akkus in einer geschlossenen, aber ventilerten Box installieren. Bei LiFePO₄-Zellen sollte die Belüftung von außen abriegelbar sein, damit die Sauerstoffzufuhr im Brandfall gestoppt werden kann
7. Ein komplettes System aus Akkus, Temperaturüberwachung mit Notabschaltung und Ladetechnik von einem Hersteller wählen oder zumindest von einem Spezialbetrieb zusammenstellen lassen



€ 29,90 [D]
ISBN 978-3-667-11577-5

OCTO PUSSI

- Kein Rückgrat, aber Köpfchen!
- Wie „funktioniert“ ein Tintenfisch?
- Wie leben die Kopffüßer in verschiedenen Gewässern?
- Wie machen sie sich unsichtbar?
- Warum schmücken sie ihr Heim?



DK
DELIUS KLASING

www.delius-klasing.de

