

Verlag W. Kohlhammer | Stuttgart | Dezember 2019 | 73. Jahrgang | ISSN 0006-9094 | E 1889

Zeitschrift für das gesamte Feuerwehrewesen,  
für Rettungsdienst und Umweltschutz

# BRANDSchutz

Deutsche Feuerwehr-Zeitung



Kohlhammer

12/2019

DENNIS AUGUSTIN | ILIAN DINKOV | DIETMAR SCHELB | JÖRG HAERTLE

# Konvertibles Schutztextil für Lithium-Ionen-Batteriebrände

## Flexible Einsatzmöglichkeiten als Tasche und als Decke

**Lithium-Ionen-Batteriebrände** können außer bei Elektrofahrzeugen auch bei einigen elektronischen Kleingeräten auftreten. Das Löschen der Lithium-Ionen-Batteriebrände gestaltet sich mit herkömmlichen Löschmitteln oftmals schwierig. Daher hat die Planex Technik in Textil GmbH zusammen mit der Forschungsstelle für Brandschutztechnik des Karlsruher Instituts für Technologie ein Schutztextil entwickelt, welches sich flexibel sowohl als Tasche bei Lithium-Ionen-Batteriebränden von Kleingeräten als auch als Decke bei Elektrofahrzeugbränden einsetzen lässt, um größere Schäden zu verhindern.

Lithium-Ionen-Batterien befinden sich in vielen elektronischen Kleingeräten wie Smartphones, Laptops, Tablet-PC oder in Form so genannter Traktionsbatterien in Elektrofahrzeugen. Dabei weisen Lithium-Ionen-Batterien gegenüber anderen Akkumulatoren bzw. Batterien die Besonderheit auf, dass sie brennen und heiße sowie giftige Dämpfe ausstoßen können. Da bei einem Brand der in der Kathode angelagerte Sauerstoffanteil freigesetzt wird und der Elektrolyt sowie der an der Anode angelagerte Graphit brennbar sind, kann ein solcher Brand nicht ohne Weiteres gelöscht werden. Das Ersticken durch eine Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr aus der

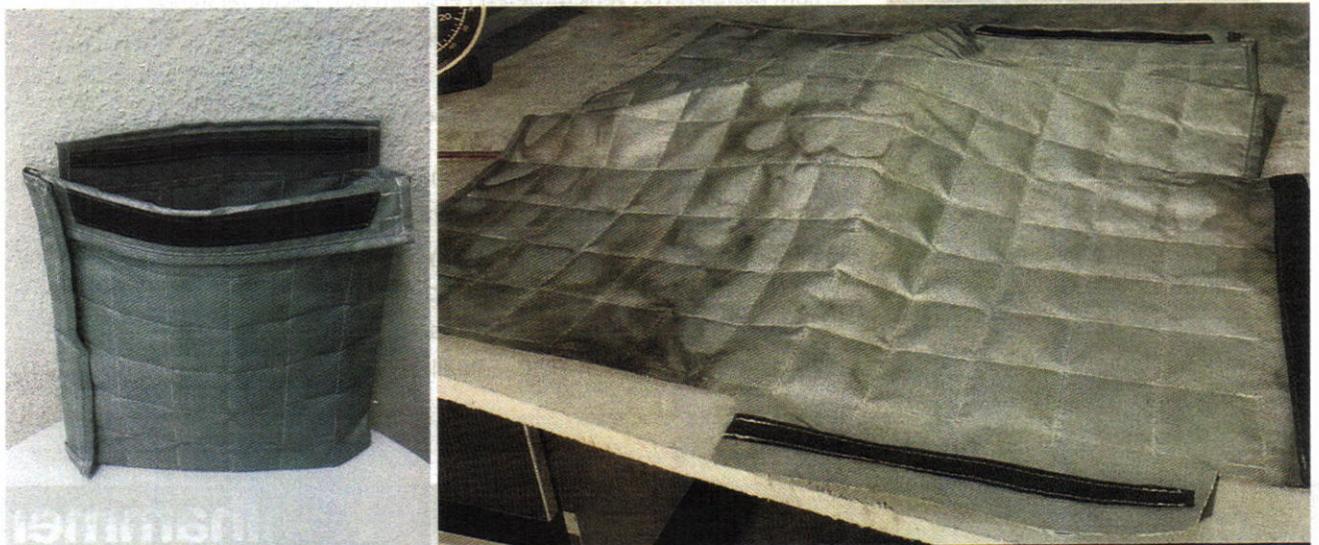
Luft kann zwar die Flammenerscheinung verringern, hat aber keine nachhaltige Löschwirkung. Die Rauchgase sind zudem gesundheitsgefährdend. Da Lithium-Ionen-Batterien einen fluorhaltigen Zusatzstoff beinhalten (in der Regel Lithiumhexafluorophosphat  $[\text{LiPF}_6]$  als Leitsalz), kann bei der Verbrennung hochtoxische Fluorwasserstoffsäure bzw. Fluorwasserstoff (HF) entstehen. Des Weiteren werden sowohl die schwermetallhaltigen Stäube Kobalt und Nickel als auch Elektrolytdämpfe sowie Graphit als (Nano-)Partikel freigesetzt. Brennt ein (mobiles) Elektronikgerät mit einer Lithium-Ionen-Batterie zum Beispiel im Flugzeug, im Bus oder im Zug, ist

es nur schwer möglich, das brennende Gerät an einer sicheren Stelle, wo kein Schaden angerichtet werden kann, ausbrennen zu lassen. Eine Brandausbreitung kann zwar mit herkömmlichen Mitteln wie mit Feuerlöschern oder mit Wasser verhindert werden; die Rauchausbreitung in einer geschlossenen Kabine kann jedoch zu einer Vielzahl von Verletzten durch Rauchgasintoxikationen führen.

Brennt ein Elektro-Pkw, ein Elektro-Fahrrad oder ein Elektro-Scooter, kann die Feuerwehr zwar die Brandausbreitung verhindern, das Löschen der brennenden Batterie ist hier wegen der Größe und aufgrund der Brenndauer allerdings schwierig.

### Lösungsansatz zur Rauchproblematik in Fahrgasträumen

Zur Verhinderung der Rauchausbreitung bei einem Lithium-Ionen-Batteriebrand in einem Passagierraum im Flugzeug, in der Bahn oder im Bus, wäre eine Tasche oder ein Behälter von solcher Größe, dass zum Beispiel ein Laptop hineinpasst, sinnvoll. Deutet sich ein Brand an einem Gerät an,



links: Das entwickelte Schutztextil als Tasche mit Klettverschlüssen rechts: Die Tasche zur Decke entfaltet

kann dieses in solch eine von einem Flugbegleiter herbeigebrachte Tasche hineingesteckt werden und im weiteren Verlauf abbrennen, ohne weiteren Schaden anzurichten. Praktikabel wäre dabei ein Behälter, das leicht ist und so wenig Stauraum benötigt wie eine faltbare Tasche. Weiter sollte der Brand bzw. das Ausgasen eines auf dem Boden liegenden Geräts damit ebenfalls wirksam bekämpft werden können. Ein geeignetes Schutztextil sollte also folgende Eigenschaften aufweisen:

- Ein Flammenaustritt wegen eines sich darin befindlichen brennenden Geräts sowie ein Entzünden weiterer Gegenstände soll verhindert werden. Außerhalb des Textils darf es zu keinen Flammenerscheinungen kommen.
- Der sich bildende hochtoxische Fluorwasserstoff und andere toxische bzw. kritische Substanzen im Rauchgas (wie Schwermetalle und Graphitstaub) sollen zurückgehalten werden.

### Lösungsansatz zur Rauchproblematik in Parkhäusern

Das Textil sollte zusätzlich zu den genannten Eigenschaften in beliebiger Größe und Form hergestellt werden können, sodass auch Brände von Elektrofahrzeugen wie von Elektro-Fahrrädern, Elektro-Scootern oder Elektro-Pkw eingedämmt werden können. Zwar gibt es für brennende Elektro-Pkw mit Wasser zu füllende Abrollbehälter, aber logistisch sind die Anforderungen an eine zirka 8 Meter × 5 Meter große Decke weit geringer. Insbesondere bei Bränden bei schwer zugänglichen Plät-

zen wie Tiefgaragen oder Parkhäusern stellt der Abrollbehälter keine praktikable Lösung dar. Das Fahrzeug kann zwar mit einem (fernbedienten) Manipulator aus der Gefahrenzone geschleppt werden, der Batteriebrand könnte dabei jedoch benachbarte Fahrzeuge beschädigen.

Die Decke bietet in diesem Szenario einen Schutz, da sie den größten Teil des Rauchs zurückhält. Während die Feuerwehr die bei einem solchen Brand übliche Brandwache stellt, kann eine Entrauchung eingeleitet werden. In den meisten Fällen sind die Parkhäuser gut durchlüftet, sodass diese bei einem solchen Szenario unter Umständen nicht geschlossen werden und Kunden (insbesondere an Flughäfen) keine allzu langen Wartezeiten in Kauf nehmen müssten.

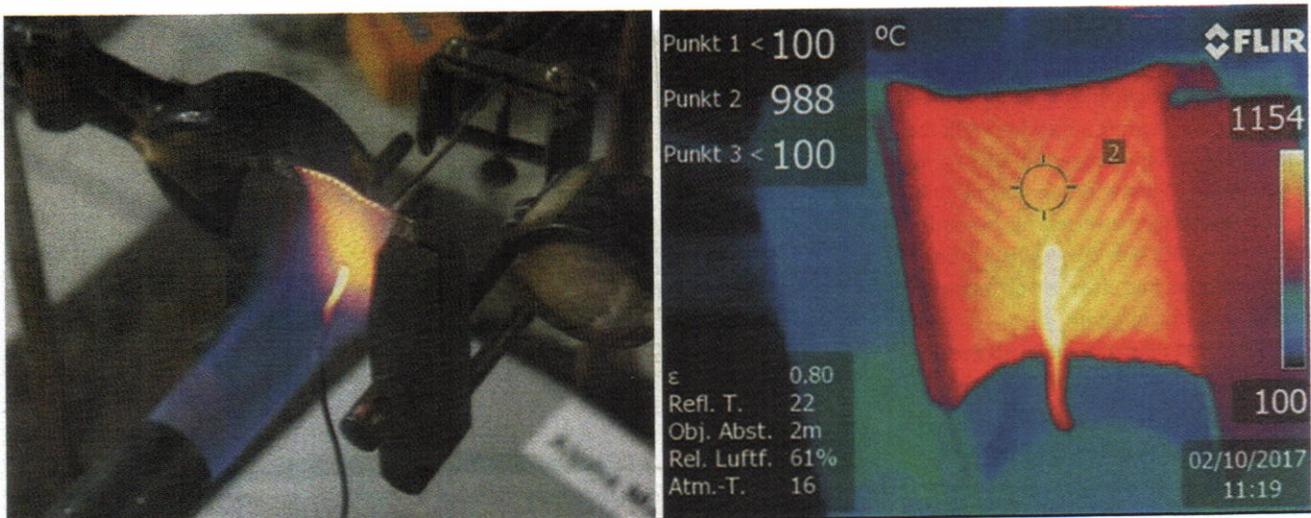
### Produktrealisierung

Zur Realisierung der in den Lösungsansätzen beschriebenen Produkte haben sich der mittelständische Betrieb »Planex Technik in Textil GmbH« und die Forschungsstelle für Brandschutztechnik (FFB) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zusammengeschlossen. Die Planex Technik in Textil GmbH verfügt über die zur Produktrealisierung notwendige Expertise bei der Textilverarbeitung. Die FFB des KIT hat Erfahrung mit Batteriebränden und ist mit Prüfständen sowie mit Messequipment ausgestattet. Des Weiteren unterstützen die Werkfeuerwehr sowie die Mitarbeiter des Bodenpersonals des Flughafens Stuttgart bei der Projektentwicklung. Eine finanzielle Unterstützung bestand durch

das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und deren Berliner Projektträgerin »Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) Projekt GmbH« im Rahmen des »Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)«.

Zu Beginn stand fest, dass das Schutztextil aus einem gasdurchlässigen und temperaturbeständigen Material bestehen muss, da beim Brandfall die von ihm umhüllte Batterie in solchen Mengen Verbrennungsgase ausstößt, dass ein gasdichtes System dem Druck nicht standhalten würde. Des Weiteren war offensichtlich, dass eine einfache, gasdurchlässige Decke lediglich einen Schutz vor Flammen, nicht aber vor den Rauchgasen bieten kann. Aus diesen Gründen war es notwendig, Absorbermaterial in das Textil einzubetten, um insbesondere Fluorwasserstoff und andere toxische Gase sowie Stäube abcheiden zu können. Dabei war die ausschließliche Verwendung von Stoffen der Brandklasse A angestrebt.

Die Planex Technik in Textil GmbH stellte mehr als 50 verschiedene Textilproben zur Verfügung, die in einer Vorauswahl mithilfe von Temperaturmesstechnik und von Wärmebildüberwachung auf ihre Temperaturbeständigkeit hin untersucht wurden. Bei der Konfektionierung des Schutztextils zeigte sich, dass einige Kombinationen (zum Beispiel von Edelstahlgewebe mit einem anderen Gewebe) ungeeignet waren, da das Verbundmaterial zu steif und zu schwer für den angestrebten Verwendungszweck wurde. Bei der Wahl



links und rechts: Test der Temperaturbeständigkeit der unterschiedlichen Materialien



»Thermal Runaway« in der Messkammer

des Absorbermaterials wurde auf Aktivkohle wegen deren unerwünschter Brennbarkeit verzichtet.

**MESSUNGEN**

Im ersten Schritt wurden die textilen Materialien ohne einen Absorber bei einem sehr einfachen Testaufbau auf die Temperaturbeständigkeit hin untersucht, indem sie für drei Minuten mit einem Brenner beflammt wurden (Beflammung bei 1 600 °C). Etwa die Hälfte der getesteten Stoffe überstanden den Test fast unbeschadet. Die anderen Materialien schieden aus.

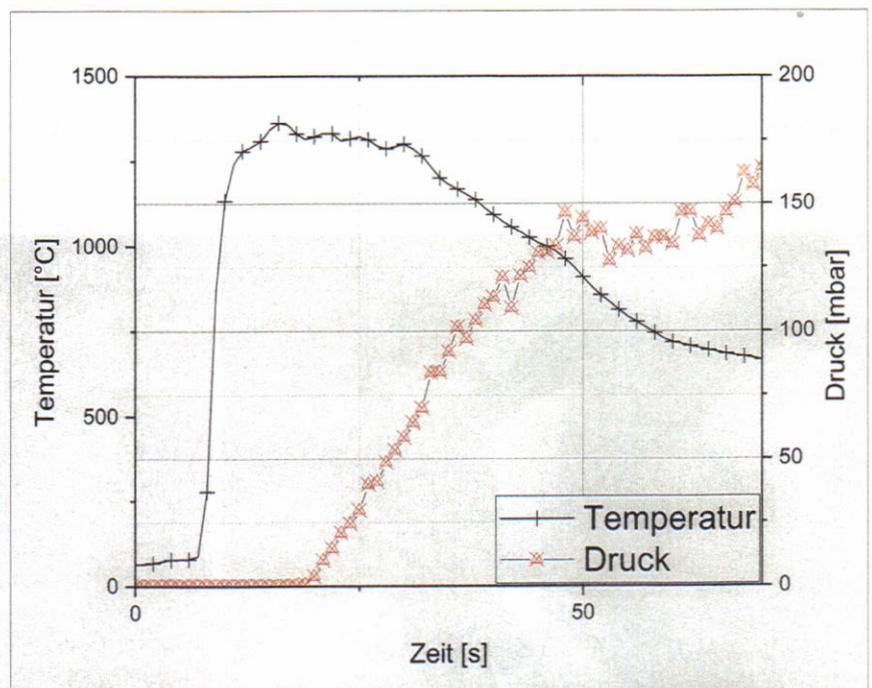
Im zweiten Schritt der Vorauswahl wurden die Textilien mit verschiedenen Absorbieren gefüllt, in eine Vorrichtung eingespannt und als Deckel auf einer gasdichten Messkammer befestigt. In dieser Messkammer wurde mittels eines Keramikstrahlers jeweils ein vollgeladener 18 650-Standard-Akkumulator zum »Thermal Runaway« (»Durchgehen« bei einer exothermen chemischen Reaktion) gebracht. Die Temperatur und der Druck im Innern der Kammer wurden aufgezeichnet; für die Abgasmessung war eine Leitung angebracht. Hierbei kam es zu einem Temperaturanstieg auf 1 400 °C. Die Filterwirkung auf die Stäube wurde optisch bewertet. Als besonders effizient erwies sich ein spezielles ungiftiges Granulat mit einer zuvor empirisch bestimmten Korngröße.

Die in dieser Versuchsreihe als geeignet bewerteten Textilien sowie Absorbermaterialien wurden daraufhin als Material-»Sandwich« weiter untersucht, wobei ebenfalls die Körnung und die Schüttdichten der Absorbermaterialien variiert wurden. Dafür fanden bei den verschiedenen

Material-»Sandwiches« zunächst Fluorwasserstoffsäure-Messungen mit Gasprüfröhrchen der Firma Dräger statt, mit denen schnell und einfach eine erste Abschätzung der Zurückhaltung von Fluorwasserstoff erfolgen konnte. Das Resultat war eine Granulat- und Korngrößenkombination, die gute Ergebnisse bei der Reduktion von Fluorwasserstoff vermuten ließ.

Für eine genauere Messung wurde ein externes Labor der Dekra beauftragt. Fluorwasserstoff-Emissionen sind am genauesten mit einem Indikatorverfahren nachweisbar, bei dem in Gaswaschflaschen die fluorwasserstoffhaltigen Emissionen auf-

gefangen werden. Dadurch sind sie besser zu quantifizieren als etwa mit der Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie. Mit Dekra wurde eine Messroutine für den Versuchsaufbau entwickelt. Dabei wurde an zwei Messstellen Probegas kontinuierlich und bei einem definierten sowie festen Volumenstrom entnommen – einerseits in der eigens konstruierten Messkammer und andererseits außerhalb der Messkammer, direkt am Textil. So ließ sich nicht nur die absolute Konzentration der Fluorwasserstoff-Emissionen ermitteln, sondern auch die relativ zur Maximalkonzentration erreichte Reduktion.



Das Material-»Sandwich« des Endprodukts erzeugte beim »Thermal Runaway« der vollgeladenen 18 650er-Zelle einen Druckverlust von mehr als 150 Millibar. Durch die Filterwirkung wurden dabei die toxischen Emissionen reduziert.



**Ergebnisse der Dekra-Messungen**

Die Konzentrationen des Fluorwasserstoffs wurden während des »Thermal Runaways« von 18 650er-Zellen gemessen. Die Sonde in der konstruierten Prüfkammer war durch das Absorbermaterial von der äußeren Sonde getrennt, welche sich zirka 25 bis 30 Zentimeter über dem Stoff befand. Bei den Messungen der angestrebten Granulat- und Korngrößenkombination wurden zwischen 90 und 97 Prozent des beim »Thermal Runaway« freigesetzten Fluorwasserstoffs zurückgehalten.

**PRODUKTENTWICKLUNG**

Aufgrund des erfolgreichen Ergebnisses wurde das konvertible Schutztextil als eine Tasche mit einem Klettverschluss entwickelt, welches mit wenigen Handgriffen aufgefaltet und somit auch als Decke über einer brennenden Lithium-Ionen-Batterie eingesetzt werden kann. Zur Verifikation der Messergebnisse mit der nunmehr gefalteten Tasche wurde eine einfache Messapparatur mit einem Strahler und einer Batteriehalterung gebaut und so angepasst, dass sie in die Tasche passt. Mit dieser Versuchsanordnung wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt und das Material anschließend begutachtet.

Gefaltet und mit Klett verschlossen blähte sich die Tasche auf und verformte sich. Am Aufblähen des Materials war zu erkennen, dass es zu keiner ungefilterten Ausströmung des Abgases kam. In der durch Klett verschlossenen Tasche entstand offenbar ein moderater Überdruck, während das Gas durch das Absorbermaterial strömte. Die Tasche war zudem robust gegenüber Flammen. Entfaltet zur Decke wurde das Material ebenfalls geprüft. Das

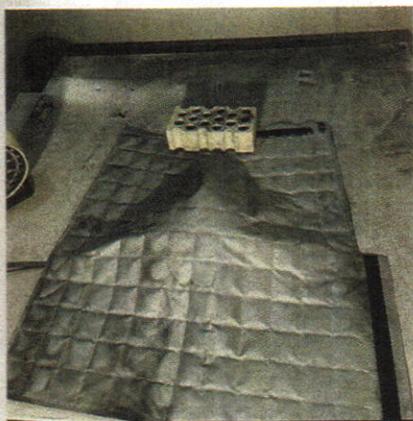


Decke nach dem Test mit einem »Thermal Runaway« einer 18 650er-Zelle

Ergebnis war eine vor Flammen schützende Abdeckung der Brandquelle mit wirkungsvoller Reduktion der austretenden Gase.

Schlussendlich wurde der Einsatzzweck umfanglich erfüllt. Mit dieser Anordnung kann das Produkt beliebig skaliert und für verschiedene Einsatzzwecke genutzt werden. Die Decke unterliegt praktisch keiner Beschränkung hinsichtlich der Form und der Größe. Die Masse pro Quadratmeter beträgt je nach Füllichte des Absorbermaterials drei bis vier Kilogramm. Eine zirka 35 Zentimeter x 35 Zentimeter große Tasche, die zur Decke aufgefaltet werden kann, wiegt etwa zwei Kilogramm. Soll die Decke über einen Elektro-Pkw gezogen werden können, müsste diese mindestens 8 Meter x 5 Meter groß sein, wodurch sie rund 150 Kilogramm wiegen würde. Hierbei ist eine zweiteilige Ausführung sinnvoll. III

Anzeige



Decke beim Brandversuch

**AUTOREN**

DENNIS AUGUSTIN, M.Sc.  
Projektingenieur an der Forschungsstelle für Brandschutztechnik (FFB) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dr.-Ing. ILIAN DINKOV  
Stellvertretender Leiter der FFB

Dr. rer.-nat. DIETMAR SCHELB  
Leiter der FFB

JÖRG HAERTLE  
Geschäftsführender Gesellschafter der Planex Technik in Textil GmbH

Bilder: Verfasser

**GESCHENKE III**

**rt line Büro-Organizer London**

- Schnellziehfach rückseitig
- gestaffelte DIN A4 Fächer für bessere Übersicht
- Druckknopfschlaufe um größere Papiermengen zu halten
- Innenfach mit Klarsichtfenster

u.v.a.m.



FB-80680

€49,90

**Herbertz Multitool**

Universell einsetzbar durch eine Vielzahl unterschiedlichster Werkzeuge

TO-02085

€19,90



**rt Ledergürtel Helm mit Axt**

- 34 mm breit
- mit Metallschnalle und Lasergravur
- weitere Motive verfügbar



ST-030

ab €21,90



Preise inkl. MwSt.

**rt rescuetec**

... mein persönlicher Ausrüster

rescue-tec GmbH & Co. KG  
Oberau 4-8 · 65594 Runkel · Germany  
Tel.: +49 6482 6089-00 · info@rescue-tec.de

[www.rescue-tec.de](http://www.rescue-tec.de)