

Herausforderung Elektrofahrzeuge

Hilfestellung für den Einsatz



Mittlerweile vertreiben nahezu alle Automobilhersteller Fahrzeuge mit alternativen Antrieben. Die gesteigerte Anzahl führt dazu, dass sich Rettungskräfte weltweit mit der Funktion der neuen Antriebsarten, aber vor allem mit dem Verhalten im Fehler- und Brandfall auseinandersetzen müssen. Eine Untersuchung zahlreicher bekannter Einsätze mit Elektrofahrzeugen (Hybrid- und Batterieelektrische Fahrzeuge) zeigt, dass dabei jeder Brand gelöscht werden kann. Unfälle mit brennenden Elektrofahrzeugen bedeuten zwar eine Änderung des Einsatzverlaufs, sind allerdings nicht gefährlicher als Brände von Fahrzeugen mit herkömmlichen Antriebsarten. Jedoch ändern sich das taktische Vorgehen, der Wasserbedarf und die Einsatzdauer mit der Einführung alternativer Antriebe bedingt durch die im Fahrzeug verbaute HV-Traktionsbatterie.

Autoren:

Christian Geib, BOI BF Ingolstadt; Christoph Nebl Techn. Leitung Sichere Elektromobilität, CARISSMA, TH Ingolstadt; Dipl.-Ing. Josef Huber, BD BF Ingolstadt; Prof. Dr. Hans-Georg Schweiger, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, CARISSMA – Sichere Energiespeicher, TH Ingolstadt.
Aufn.: Thomas Barth, NTSB Investigations of EV Crashes and Incidents with Battery Fires, Battery Safety Summit, Alexandria, VA - USA, October 2019; FF Burghausen

Erkundung

Nachdem es keine Norm und somit keine einheitliche Platzierung des Ladeanschlusses oder der Batterien gibt, müssen zukünftig Kraftfahrzeuge genauer erkundet werden. Dabei kann die bekannte AUTO-Regel als Handlungshilfe zur Erkennung alternativer Antriebsarten herangezogen werden¹.

Wie können aber Einsatzkräfte nun ein verunfalltes Elektroauto als solches erkennen? Das Auftreten von Flüssigkeiten unterhalb des Fahrzeugs ist kein Indiz für ein Elektrofahrzeug – eher für ausgetretenes Kühlmittel oder Scheibenwischerwasser. Die in modernen Fahrzeugen üblicherweise eingesetzten Lithium-Ionen-Batteriezellen enthalten nur eine geringe Menge Elektrolyt, der austreten kann, da dieser fast vollständig vom porösen Aktivmaterial und dem Separator aufgesogen ist. Da ein austretender Elektrolyt an der

Luft sofort den Aggregatzustand von flüssig in gasförmig ändert, kann man im Bereich von verunfallten Elektrofahrzeugen klebstoff- oder lösungsmittelartigen Geruch wahrnehmen, was daher eher für geplatzte oder offene Lithiumionenzellen spricht.

Erkennt man bei einem Blick unter das Fahrzeug oder in den Motorraum orangefarbene Kabel, so deuten sie ebenfalls auf ein E-Auto hin. Die orangen HV-Leitungen liegen in der Regel nicht in Säulen oder Schwellern, zumeist findet man sie im Bereich des Mitteltunnels oder im Motorraum. Zudem sind sie mit HV-Labels gekennzeichnet. Daher hat die Leitungsführung wenig Einfluss auf die Vorgehensweise beim THL-Einsatz. Dies hat sich auch bei mehreren Schneidversuchen in der Praxis gezeigt.

Der Tankdeckel kann ebenfalls Aufschluss geben. Warnhinweise,

Rettungskarten oder QR Codes sind meist im Tankdeckel, der B-Säule oder in der Windschutzscheibe zu finden und unterstützen die Erkundung. Findet man eine Lade-Steckdose, so kann auch eine HV-Batterie im Fahrzeug vorgefunden werden. Bei Hybrid-Fahrzeugen, kann aber trotz fehlender Lade-Steckdose eine HV-Batterie verbaut sein.

Äußere Anzeichen, die für ein Hybrid oder voll elektrisches Fahrzeug sprechen, sind neben der Fahrzeugbeschriftung selbst ein E-Kennzeichen und möglicherweise auf dem Fahrzeug im Cockpit oder ebenfalls im Tankdeckel angebrachte Warnhinweise. Eine Kennzeichenabfrage beim KBA über die Leitstelle kann ebenfalls Aufschluss geben. Vorsicht geboten ist dennoch bei dem »E« am Ende des Kennzeichens, da Elektro- und Hybridfahrzeuge nicht verpflichtet sind, ein solches Kennzeichen zu verwenden.

Warum brennen Lithium-Ionen-Zellen?

Die Autohersteller verbauen verschiedene Gehäuseformen der Akkumulator-Zellen für die Antriebsbatterien. Prismatische Lithium-Ionen-Zellen und Flachzellen (Pouch) brennen meist mit einem Zischen oder Knistern ab. Bei Rundzellen hingegen hört man zusätzlich kleine Verpuffungen, weil die Gehäuseform starr ist; im Brandfall baut sich durch die Hitze ein extremer Druck auf, und die Zellen öffnen sich dadurch mit einzelnen Verpuffungen. Einen Einfluss auf das Brandverhalten der Lithium-Ionen-Zellen hat hierbei auch die chemische Zusammensetzung. Zurzeit werden im Wesentlichen zwei Materialtypen für die positive Elektrode im PKW-Bereich eingesetzt, wobei jeder Hersteller möglichst die technischen Details unter Verschluss hält. Für die negative Elektrode werden fast immer Kohlenstoffbasierte Elektroden verwendet. Man spricht von sogenannten NMC-Zellen (Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid) oder NCA-Zellen (Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid), wenn diese Materialien für die positive Elektrode in der Zelle eingesetzt werden. Ein relevanter Nachteil dieser Zelltypen in Verbindung mit einem Brand, ist die Freisetzung von Eigensauerstoff bei der Kathodenzerersetzung, der die Brandlöschung erschwert.

Auslöser für dieses Szenario könnten beispielsweise sein:

- ▶ Ein Batterie-Kurzschluss durch mechanische Krafteinwirkung (z. B. bei einem Verkehrsunfall).
- ▶ Ein thermisches Aufheizen und dadurch ein »Durchgehen« der Batterie durch einen benachbarten Fahrzeugbrand.
- ▶ Überladung einer Zelle durch einen Defekt in der Zellüberwachung
- ▶ Interner Kurzschluss in einer Zelle durch eine Beschädigung eines Separators

Ein Kurzschluss innerhalb der Zelle führt zu einer Erwärmung und einem irreversiblen Zersetzungsprozess. Bei Temperaturen im Bereich von ca. 90 °C bis 150 °C beginnt die exotherme Zersetzung der SEI auf der Anode, einer Deckschicht, die

die Reaktion der Anode mit dem Elektrolyt verhindert. In diesem Temperaturbereich liegen auch die Siedepunkte des für den Batterieelektrolyten verwendeten Lösungsmittels. Beim weiteren Anstieg der Temperatur findet die Reaktion des Elektrolyten mit Anode, Schmelzen des Separators und letztendlich die Abreaktion der Kathode statt. Alle diese Prozesse führen zu einem Druckaufbau in der Zelle, wodurch die Zellen aufplatzen und dann »abblasen«. Dabei treten brennbare Gase aus. Diese können sich dann durch einen Funken oder an einem heißen Bauteil entzünden. Eine Gefahr einer Funkenbildung ist immer

Verhalten und »Abblasen« von Lithium-Ionen Zellen nach direkter Flammen-einwirkung (eigene Darstellung THI)



gegeben, da in einer beschädigten Batterie noch immer elektrische Energie gespeichert ist.

Die Traktionsbatterien, die in Elektrofahrzeugen eingesetzt sind, haben meist eine hohe Spannung von mehreren hundert Volt. Jedoch bleibt die Spannung auch bei einer intakten Batterie stets unter der Hochspannungsgrenze von 1.500 Volt Gleichspannung. Dennoch ist stets die Abstandsregel nach VDE 0132 mit den Abständen 1 Meter bei Sprüh- bzw. 5 Meter bei Vollstrahl einzuhalten.



Hochvoltkomponenten sind mit gelben Warnaufklebern gekennzeichnet.

Taktik Verkehrsunfall

Sollte bei einem Unfall oder einem Brand nach der Erkundung festgestellt werden, dass es sich um ein Elektrofahrzeug handelt, ist ein Standardvorgehen nach FwDV 3 sinnvoll. Beim Berühren der Karosserie kann die Gefahr eines Stromschlags ausgeschlossen werden, da Sicherheitseinrichtungen wie die Kurzschlusserkennung, Isolationsüberwachung oder pyrotechnische Trennstellen bei einem Unfall die Verbindung zwischen Fahrzeug und Akkumulator unterbrechen. Beide Pole der Batterie, die auch die restlichen HV Systeme des Fahrzeugs versorgen (z.B. Umrichter, Elektromaschine), sind vom Fahrzeugchassis elektrisch isoliert (IT-System). Dadurch wird nochmals die Gefahr eines elektrischen Schlags reduziert. Auch beim Auslösen eines Airbags oder des Gurtstrafers werden die Schütze der Hochvoltleitungen geöffnet, so dass das Hochvoltsystem nach außen hin spannungsfrei geschaltet wird. So ist sichergestellt, dass die Restspannung innerhalb 20 Sekunden abgebaut wird.

Es empfiehlt sich dennoch, eine manuelle Freischaltung mittels der in der Rettungskarte angegebenen Rettungstrennstelle durchzuführen (5-er Regel bei Arbeiten an elektrischen Anlagen).

Die Vorgehensweise der Technischen Rettung stellt bei den meisten E-Fahrzeugen keine Änderung zu den herkömmlichen Rettungstechniken dar. Auf einen Einsatz von hydraulischen Rettungsgeräten mittelbar auf oder in der Nähe der Batterie sollte jedoch wegen der Kurzschlussgefahr verzichtet werden.

Taktik Brandbekämpfung

Sollten in einem E-Auto Batteriezellen in Brand geraten, ist ebenfalls das Vorgehen nach FwDV3 empfehlenswert. Hier spielt das Einbringen von Wasser in das System

Auch der Brand eines E-Busses in einer Fahrzeughalle in Burghausen ging von den auf dem Dach angebrachten Akkuzellen aus (siehe brandwacht 6/2019).



eine große Rolle, da der sogenannte Thermal-Runaway, das thermische Durchgehen der Batteriezellen, nur durch Kühlung eingedämmt werden kann. Dringt Wasser in die Zellen ein, reagiert dieses mit den Aktivmaterialien, wodurch diese deaktiviert werden und dann nicht mehr weiter zu einem Brand beitragen können.

»Aber wie bekommen wir das Wasser in die Batterie rein?« stellt sich oft die Frage.

Hier ist es wichtig zu erkunden, an welchen Stellen die Flammen austreten. Denn wo Flammen austreten können, ist auch mit einer Öffnung des Batteriegehäuses zu rechnen und somit eine Öffnung vorhanden, um Wasser gezielt einzubringen. Hier spielt das Einsatzszenario eine große Rolle. Die Erfahrung hat gezeigt, dass der Wasserbedarf zur Löschung von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu herkömmlichen Antriebsarten deutlich erhöht ist. Praxiswerte zeigen sogar Löschwassermengen zwischen 11.000 – 20.000 Litern. Allerdings ist dies nicht der Bedarf, um das Feuer zu löschen, vielmehr umfasst dies den gesamten Wasserbedarf, um die Batterie soweit herunter zu kühlen, dass keine weitere Rückzündung mehr stattfinden kann. Durch langfristiges Einlegen in Wasser werden auch unbeschädigte Batteriezellen entladen und durch Korrosion geöffnet. Dadurch kann ein Batteriesystem sicher deaktiviert werden.

Bei Verfügbarkeit ist eine Löschmulde eine gute Methode, mittels der das Kraftfahrzeug komplett in ein Wasserbad gestellt werden kann. Wobei brennende Elektrofahrzeuge auch ohne diese gelöscht werden konnten. Das Wichtigste beim taktischen Vorgehen ist, den Hot Spot des Brandes zu erkennen und dort gezielt Wasser auch mit Löschwasser-Additiven einzusetzen. Dabei heißt die Devise stets: **Kühlen-kühlen-kühlen.**

Sehr häufig wird im Zusammenhang mit dem Löschen von Lithium-Ionen-Batteriebränden mit Wasser die Bildung von Flusssäure aus dem Leitsalz des Elektrolyten (LiPF₆) thematisiert. Bei realen Bränden spielt diese aber nur eine untergeordnete Rolle. Falls Flusssäure durch Hydrolyse des LiPF₆ gebildet wird, reagiert diese schon in der Batterie mit den dort vorhandenen Lithium-Ionen zu schwerlöslichem Lithiumfluorid oder den in der Zelle verbauten Aluminiumstromableitern und wird so wieder gebunden. Mit dem durch die Wasserhärte im Löschwasser immer vorhandenen Calcium- und Magnesium-Ionen reagiert Flusssäure zu schwerlöslichen Salzen (CaF₂ bzw. MgF₂). Das erklärt ebenfalls, dass bei realen Batteriebränden Flusssäure in gleicher Größenordnung wie bei Bränden von konventionellen Fahrzeugen freigesetzt wird.

Für die Zeit nach dem Löschen des Brandes gibt es derzeit noch keine

einheitliche Fachmeinung, wie lange ein kritisches Fahrzeug auf einem Havarie-Platz verbleiben soll. Hier werden auch noch weitere Erfahrungen zeigen, inwieweit das Einsatzszenario, die Zelltechnik oder die Art der Beschädigung Einfluss darauf haben. Da selbst nach einem Unfall oder gar nach einem Batteriebrand noch einzelne Zellen unbeschädigt sein können, haben diese noch elektrische Energie gespeichert. Diese kann in einem weiteren Fehlerfall, z.B. durch ein Versagen einer schon beschädigten Isolation wieder zu einem Brand führen. Da die Selbstladungsrate von Lithium-Ionen-Zellen mit 1-2 % pro Monat sehr gering ist, ist immer von einer geladenen Lithium-Ionen-Zelle auszugehen, wenn diese nicht durch besondere Maßnahmen deaktiviert wurde. Ein grober Anhaltspunkt derzeit wäre mindestens 24 Stunden, um ein unerwünschtes erneutes Durchgehen der Batterie-Zellen möglichst ausschließen zu können.

Fazit

Die beschriebene Einsatzempfehlung aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse sowie feuerwehrtechnischer Praxiserfahrung soll als Hilfestellung im Umgang für die Erkundung, Beurteilung und den Befehl im Einsatz mit verunfallten Elektrofahrzeugen dienen. Dabei ist wichtig, den Fahrzeugtyp anhand der verbauten Komponenten zu erkennen, da eine genaue und eindeutige Kennzeichnung der Elektrofahrzeuge bisher nicht vorgeschrieben ist. Die Verwendung der Rettungskarten sowie der taktische Einsatz von Wasser zur Brandbekämpfung sind dabei wichtige Werkzeuge für die Informationsgewinnung und für einen erfolgreichen Einsatzverlauf. □



Stellen- und Verkaufsanzeigen der Feuerwehren zeitnah und kostenlos veröffentlichen auf unserem Internet-Marktplatz
www.brandwacht.bayern.de/marktplatz



Angebote und Suchanzeigen bitte schriftlich und im Telegrammstil an die Redaktion brandwacht, E-Mail: brandwacht@stmi.bayern.de