

© Fogtec



**BRANDVERSUCH MIT  
PKW-ATTRAPPE ALS TEIL DER  
NACHWEISFÜHRUNG EINER  
BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGE  
FÜR ELEKTROFAHRZEUGE**

BAULICHER BRANDSCHUTZ

# Brandbekämpfung von Elektrofahrzeugen in Garagen

Autor: Stephan Klüh FOGTEC Brandschutz GmbH

Weltweit ist eine steigende Nachfrage nach Fahrzeugen ohne Verbrennungsmotor zu beobachten, so haben mehrere Staaten auf der COP26 in Glasgow ein Ende der Neuzulassungen von Verbrennern vereinbart. Insbesondere batteriebetriebene Elektroautos, welche den konventionellen Fahrzeugen schon in den letzten Jahren stetig Marktanteile abnehmen konnten, werden hiervon zusätzlich profitieren. Auch wenn die Bundesregierung sich nicht an der Initiative auf der COP26 beteiligt hat, ist auch hierzulande von einer stetig steigenden Zahl an Elektrofahrzeugen auszugehen. Im Masterplan Ladeinfrastruktur wird das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 zwischen 7 und 10 Millionen Elektrofahrzeuge zugelassen und über 1 Million Ladestationen eingerichtet zu haben [1]. Mit der wachsenden Anzahl von Elektrofahrzeugen und einem medialen Fokus auf die neue Technologie häufen sich allerdings Berichte von brennenden Fahrzeugen, welche die Feuerwehren vor neue Herausforderungen stellen. Im Rahmen des Projektes SUVEREN (<https://www.suveren-nec.info/>) wurde wissenschaftlich untersucht, ob und welche Auswirkungen das Brandverhalten von Batterien auf die Sicherheit und den Brandschutz in Park- und Tiefgaragen hat.

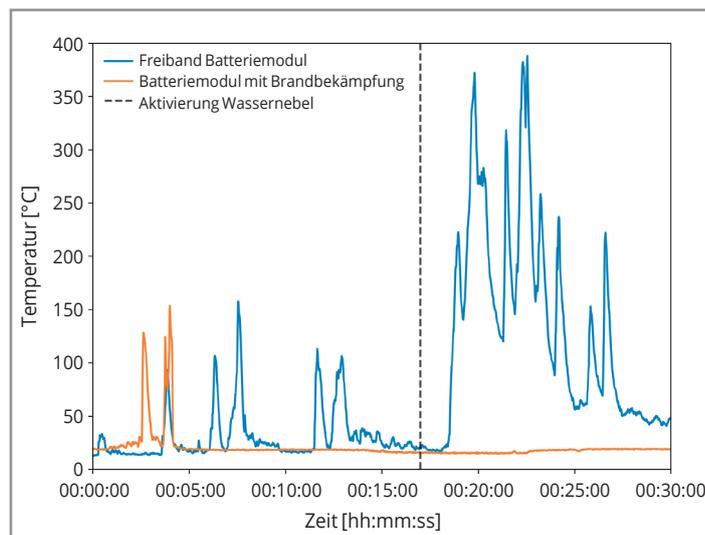
Das Löschverhalten von Elektrofahrzeugen steht medial immer wieder im Fokus, insbesondere aufgrund von Bildern, in denen Flammen aus (scheinbar) bereits gelöschten Fahrzeugen herausschlagen. Dieses ungewöhnliche Verhalten kann mittlerweile durch die Erkenntnisse über die physikalischen Phänomene erklärt werden. Aus der

aktuellen Sicherheitsforschung sind folgende Ergebnisse ermittelt worden.

**Batteriebrände**

In der Regel werden Motoren moderner Elektrofahrzeuge durch Lithium-Ionen-Batterien angetrieben, wobei es Unterschiede in der Ausführung, z. B. der chemischen Zusammensetzung, gibt. Das zugrundeliegende Phänomen eines Brandes ist aber bei allen Lithium-Ionen-Batterien das sogenannte thermische Durchgehen. Damit wird eine Überhitzung der Batterie aufgrund von chemi-

schen Reaktionen im Inneren einer Batteriezelle beschreiben, welche durch verschiedene kettenreaktionsartig ablaufende Zerfallsreaktionen ausgelöst wird. In Folge der Reaktionen kommt es zu einem Temperaturanstieg im Inneren der Zelle, der zum Verdampfen des (flüssigen) Elektrolyten und einem Anstieg des Drucks im Inneren der Zelle führt. Der so entsandene Überdruck führt schließlich zum Bersten der Zelle und einer Freisetzung von Batteriegasen. Beim Ausströmen dieser leicht entzündlichen Gase können sich, bei vorhandener Zündquelle, große Stichflammen bilden. Selbst ohne solche Flammenbildung wird genug Wärme freigesetzt, dass in benachbarten Zellen die für das thermische Durchgehen kritische Temperatur überschritten wird, die je nach Batterietyp im Bereich von 80 °C bis 100 °C liegt. Dieses Phänomen wird als Ausbreitung des thermischen Durchgehens bezeichnet und kann ohne Eingriff von Aussen zum Abbrand einer ganzen Batterie führen.



**ZEITLICHER TEMPERATURVERLAUF, GEMESSEN BEI BATTERIEVERSUCHEN EINES IDENTISCHEN MODULS - MIT UND OHNE BRANDBEKÄMPFUNG**

Das (sichtbare) Bild eines Batteriebrandes ist geprägt von starkem Gasausstoß, gefolgt von Stichflammen unterschiedlicher Länge und Dauer sowie deutlich hörbaren Geräuschen beim Bersten der Zellen. Je nach Batterietyp können diese Prozesse und Reaktionen mitunter sehr heftig und schnell ablaufen. Beispielweise reagierte in den SUVEREN Brandversuchen ein Modul (ca. 300 Rundzellen, elektrische Kapazität 2,5 kWh) in 2 bis 3 Minuten vollständig durch. Eine zentrale Erkenntnis der Versuche ist aber auch, dass es „den“ Batteriebrand so nicht gibt, da ein ähnliches Batteriemodul auch nach 30 Minuten noch Anzeichen von Reaktionen zeigte.

Die Reaktionen finden innerhalb einzelner Zellen statt, die Ausbreitung und das thermische Durchgehen der gesamten Batterie kann durch Kühlung der Batteriezellen und ihrer Umgebung eingedämmt und im besten Fall gestoppt werden. In Brandversuchen hat sich gezeigt, dass eine solche Unterbrechung der Ausbreitung etwa durch eine Hochdruck-Wassernebel (HDWN)-Anlage erreicht werden kann. Durch das hohe Kühlpotential der HDWN-Technologie konnte die bei den Reaktionen entstehende Wärme abgeführt sowie Batterie und Umgebung effektiv gekühlt werden.

Abbildung 2 (BU02: Abbildung 2: Zeitlicher Temperaturverlauf, gemessen bei Batterieversuchen eines identischen Moduls -- mit und ohne Brandbekämpfung) zeigt den Verlauf der Temperatur aus zwei Brandversuchen. Der Einsatz von Wasser bei Batteriebränden wird von nationalen und internationalen Fachkreisen empfohlen (z.B. [2]). Diese Empfehlung gilt ausdrücklich auch für den abwehrenden Brandschutz von Elektrofahrzeugen und anderen Batterieanwendungen. Die SUVEREN Brandversuche haben allerdings gezeigt, dass Löscherfolge auch mit anderen Löschmedien, wie bestimmten inerten Gasen, prinzipiell möglich sind. Die Ausführung einer Brandbekämpfung, inklusive der Wahl des Löschmediums, sollte immer auf die konkrete Anwendung angepasst und unbedingt auf ihre spezifische Wirksamkeit hin geprüft werden.

### Ausführung in Garagen

Zunehmend werden Elektrofahrzeuge auch in Garagen anzutreffen sein. Ein spezifisches Risiko von Elektrofahrzeugen stellt der Ladevorgang dar. Hierbei können Mängel den Brand einer Batterie und des Fahrzeugs auslösen. In einem solchen Fall muss zudem von einem hohen Ladezustand der Batterie ausgegangen werden, welcher zu einem heftigeren Verlauf des thermischen Durchgehens führt [3]. Untersuchungen (u.a. [4]) haben gezeigt, dass die Batterie „nur“ ein Teil des Problems beim Brand eines PKWs darstellt und daher immer das gesamte Fahrzeug als Brandlast betrachtet werden muss.

Für die Anwendung in Garagen wurden im Forschungsprojekt Anforderungen und Zielstellungen an die Anlagentechnik für den Umgang mit einem PKW-Brand erarbeitet. Darin ist als Ziel formuliert, dass ein Brand bis zum Eintreffen der Feuerwehr durch eine entsprechende Maßnahme unter Kontrolle gehalten werden soll, so dass es zu keiner Entzündung von benachbarten Fahrzeugen

kommt. Dies soll ein wirksames Löschen ermöglichen, da der Brand eines einzelnen PKW für die Einsatzkräfte keine Herausforderung darstellt. Die Anforderungen und potentiellen Gefährdungen aller Beteiligten steigen sobald mehrere Fahrzeuge in einen Brand involviert sind.

Im Forschungsprojekt wurde ein Versuchskonzept entwickelt, mit dem der Nachweis, ob eine stationäre Brandbekämpfungsanlage diesen Anforderungen genügt, geführt werden kann. Das entwickelte Testszenario (s. [5]) bestand aus einer simulierten Garage, einer Fahrzeugattrappe und einer Kombination aus Brennstoffen mit denen ein (Elektro-)Fahrzeug reproduzierbar nachgebildet werden kann. Durch die Festlegung reproduzierbarer Bedingungen, welche geeignet sind das definierte Schutzziel einer ausreichenden Brandkontrolle sicherzustellen, können so verschiedene Strategien zur Brandbekämpfung in Garagen, objektiv auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass die Kühlung der Umgebung, welche z.B. durch eine HDWN-Anlage erreicht werden kann, die benachbarten Fahrzeuge sowie die Deckenkonstruktion effektiv schützen kann. Die in den Versuchen untersuchten HDWN-Anlagen konnten alle Kriterien zur Eindämmung der Brandausbreitung erfüllen.

### Fazit

In der Praxis wird die Brandbekämpfung von Batterien, sowohl im vorbeugenden als auch im abwehrenden Brandschutz, durch die Zugänglichkeit des Löschmediums zur Batterieoberfläche beeinflusst. Diese hängt von der Art der Batterieanwendung ab; so ist etwa bei einem Elektro-Fahrzeug die Batterie vor dem unmittelbaren Zugang des Löschmittels abgeschirmt. Dieses ist bei der Auslegung und Verifizierung einer Anlagen zu berücksichtigen.

Zusätzlich zu den Risiken durch die Antriebsbatterien haben sich aus Sicht des Brandschutz weitere bedeutende Veränderungen im Fahrzeugbereich ergeben, denen eine moderne Brandbekämpfungs-Anlagentechnik gewachsen sein muss. Aus Sicht der Forschung ist es daher ratsam die Wirk-



Stephan Klüh FOGTEC Brandschutz GmbH

samkeit von Brandbekämpfungsanlagen nach aktuellen Kriterien und mit praxisnahen Brandlasten nachzuweisen. So kann ein Beitrag dazu geleistet werden, dass sich der Brand eines PKWs nicht unkontrolliert ausbreitet und damit für die Feuerwehr gut kontrollierbar bleibt. Grundsätzlich bleibt es hierdurch für die Feuerwehr bei Bränden von konventionellen und elektrisch betriebenen Fahrzeugen bei einer ähnlichen Einsatztaktik. Der größte Unterschied besteht darin, dass bei Elektrofahrzeugen mit einem höheren Wasserverbrauch und längerer Einsatzdauer gerechnet werden muss, da vor einer Übergabe des Fahrzeugs an externe Stellen sichergestellt werden muss, dass die Batterie ausreichend abgekühlt ist.

[1] Bundesregierung, „Masterplan Ladeinfrastruktur: Mehr Ladestationen für Elektroautos,“ 18.11.2019. [Online]. Available: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/ladeinfrastruktur-1692644>.

[2] M. Ahrens, Vehicle Fires, National Fire Protection Association (NFPA), 2020.

[3] F. Larsson, P. Andersson und B.-E. Mellander, „Lithium-Ion Battery Aspects on Fires in Electrified Vehicles on the Basis of Experimental Abuse Tests,“ Batteries, Bd. 2, p. 9, 2016.

[4] M. Kutschenreuter, S. Klüh, M. Lakkonen, R. Rothe und F. Leismann, „Vehicles change the fire safety design in underground structures,“ in Proceedings of the Ninth International Symposium on Tunnel Safety and Security, München, 2020.

[5] S. Klüh und F. Leismann, „Brandschutz in unterirdischen Verkehrsanlagen bei zunehmender E-Mobilität – Erkenntnisse aus Forschung und Brandversuchen,“ in STUVA Tagung, Karlsruhe, 2021.