

Beherrschbarkeit von Großschadensfeuern in Industriehallen mit dem Gefahrgut Hochvoltspeicher und deren Ausbreitungsmodelle (BEGIN-HVS) (BMBF 13N16604) – Stand 09/2026

Controllability of large fires in industrial storage of high-voltage batteries

Frenz, Justus; Zehfuß, Jochen; Olaf Riese

Abstract

The goal of this concluded project (2023-2025) was to evaluate the burning characteristics and fire spread between electric vehicle (BEV) high-voltage batteries in the industrial storehouse situation. At TU Braunschweig, experimental fire tests were carried out with battery modules and full-size vehicle battery storage systems. The findings were published in two publicly available guidelines as well as final project reports from all contributing institutions.

1. Einführung

Im Zuge der fortschreitenden Energiewende gewinnen elektrische Energiespeicher erheblich an Bedeutung und kommen in immer mehr Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz. Die Brandsicherheit dieser Produkte muss dabei nicht nur im Einbauzustand, sondern auch in der Produktion und in der Lagerung sichergestellt sein. Erkenntnisse, wie sich im Brandfall große Mengen von Fahrzeug-Hochvoltspeichern (HVS) in einer Lageranordnung ohne brennbare Verpackung verhalten, wie sie im Rahmen der Produktion aktuell gelagert und Herstellerintern zwischen Produktionsstätten transportiert werden, waren bisher nicht bekannt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens BEGIN-HVS wurden daher drei Versuchsreihen (VR) konzipiert, in denen das Brandverhalten von Hochvoltspeichern bis hin zu deren Lageranordnung experimentell untersucht werden konnte. Forschungspartner des iBMB im Projekt BEGIN-HVS waren die Branddirektion München (Berufsfeuerwehr) sowie die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin.

2. Brandversuche mit Batteriemodulen und Fahrzeugspeichern

Das Versuchsprogramm bestand aus drei Serien, die im Zentrum für Brandforschung (ZeBra) an der TU Braunschweig durchgeführt wurden.

Die erste Versuchsreihe im Batteriekalorimeter K5 umfasste 12 Einzelversuchen mit jeweils einem Batteriemodul, das in dieser Form für den Einsatz in einem Hochvoltspeicher eines Elektro-Fahrzeugs vorgesehen war. In den Versuchsreihen 2 und 3 wurden Großbrandversuche

mit E-Fahrzeug-HVS im Realmaßstab durchgeführt. Der Versuchsaufbau erfolgte im Freikalorimeter K4 des ZeBra auf einer Bodenwaage (9 m x 9 m) unter einer Haube (Höhe: 12 m), über die sämtliche Brandgase aufgefangen und durch eine Messstrecke der Rauchgasreinigung zugeführt wurden.



Bild 1 Batteriemodul im Brandversuch

In der zweiten Versuchsreihe wurden pro Versuch zwei Fahrzeugspeicher in Lagergestellen übereinander angeordnet. Zunächst sollte mittels mechanischer Penetration ein Brand in den Speichern ausgelöst werden. Es zeigte sich aber, dass sich bei den untersuchten Speichern ein Brand einer getriggerten Zelle nicht auf einen Gesamtspeicherbrand ausdehnte. In der Folge wurde daher der Brand im unteren Speicher mit einer externen Brennerflamme initiiert, sodass die Brandausbreitung auf den oberen Speicher dokumentiert werden konnte.

Die dritte Versuchsreihe bildete eine Blocklagerung von insgesamt 8 Speichern in Lagergestellen in der Anordnung 2 x 2 x 2 Speicher ab, wobei immer gleiche Speicher übereinander platziert wurden, im Nachbarstapel aber auch andere Speicher (anderer Fahrzeughersteller oder anderer Speichertyp des gleichen Fahrzeugherstellers) angeordnet sein konnten. Ausgelöst wurden auch hier die Speicherbrände mit einem externen Brenner unterhalb von einem der Speicherstapel, sodass sowohl die vertikale als auch die horizontale Brandausbreitung durch den Versuchsaufbau untersucht werden konnte.

Festgestellt wurde eine Abhängigkeit des Brandverhaltens insbesondere von der Initiierungsmethode. Wenn vor dem ersten Thermal Runaway bereits eine Vorwär-

mung des gesamten Moduls erfolgte, erfolgte die Propagation des Brandes von Zelle zu Zelle signifikant schneller, was zu sehr viel intensiveren und kürzeren Brandereignissen führte, während die thermische Propagation bei nicht-vorgewärmten und mechanisch penetrierten Modulen sehr viel langsamer von Zelle zu Zelle erfolgte. Auch der Zelltyp sowie der SOC haben einen Einfluss auf das beobachtete Brandverhalten.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Versuchskörper einen hohen Widerstand gegenüber einer Entzündung und folgender Brandausbreitung gezeigt haben. So waren die Hochvoltpeicher im vorliegenden Aufbau mit einzelnen mechanischen Penetrationen nicht zu entzünden, sondern mussten mindestens 16 Minuten einer konzentrierten Brennerflamme mit 300 kW ausgesetzt werden. Nach der Entzündung hat sich der Brand nur bei entsprechend langer und intensiver Exposition mit Wärme auf die Nachbarspeicher ausgebreitet. Die vertikale Brandausbreitung wurde dabei von Speicher zu Speicher fast immer festgestellt. Die horizontale Brandausbreitung zwischen Speichern ist hingegen maßgeblich vom Design der Speicher, insbesondere der Anordnung von Ventingöffnungen, und der Abbrandintensität der verbauten Speichermodule abhängig. Kleine Abstände zwischen Hochvoltspeichern und seitlich angeordnete Ventingöffnungen scheinen eine horizontale Brandausbreitung zu begünstigen.



Bild 2 Acht E-Fz.-Hochvoltspeicher in Blocklageranordnung im Brandversuch (ZeBra) in Versuchsreihe 3

3. Veröffentlichung als „Empfehlung der AGBF und des DFV“

In federführender Erstellung durch die Verbundkoordinatorin Branddirektion München wurden die Erkenntnisse des Gesamtvorhabens BEGIN-HVS in insgesamt zwei Fachempfehlungen veröffentlicht:

Die „Fachempfehlung vorbeugender Brandschutz für das Lagergut Lithium-Ionen-Batterien“ (2025-03a) stellt die Arbeitsergebnisse zum vorbeugenden Brandschutz primär für die Zielgruppe der Brandschutzdienststellen dar.

Für Planende, Bauherren, Betreiber und prüfende Stellen kann die Fachempfehlung ebenso mögliche Vorschläge zur Lagerung und Produktion von Lithium-Ionen-Batterien mit dem Schwerpunkt Hochvoltpeicher bieten.

Komplementär dazu soll die „Fachempfehlung abwehrender Brandschutz für das Lagergut Lithium-Ionen-Batterien“ (2025-03b) als Handlungsempfehlung für Feuerwehr-Einsatzkräften dienen, um die notwendigen Kenntnisse zum Umgang mit Lithium-Batterien zu erlangen und die daraus resultierenden, besonderen Gefahren zu kennen. Auf diese Weise sollen mögliche Fehlinterpretationen vermieden werden. Besonderes Augenmerk liegt auf den wesentlichen Einsatzmaßnahmen. Herauszustellen sind dabei die möglichen Einsatzszenarien und deren Auswirkungen, sowie die besonderen Gefahren für die beteiligten Personen. Auch wenn die Gefahr einer dynamischen, explosionsartigen Brandausbreitung besteht, sind viele Brandereignisse für die Feuerwehren noch beherrschbar.

2025-03a – Fachempfehlung vorb. Brandschutz

2025-03b – Fachempfehlung abw. Brandschutz



4. Zusammenfassung und Ausblick

Das Brandverhalten von Hochvoltspeichermusername und vollständigen Hochvoltspeichern sowie das Brandausbreitungsverhalten zwischen mehreren Hochvoltspeichern in Lageranordnung wurde im Forschungsvorhaben BEGIN-HVS experimentell untersucht. Sämtliche Erkenntnisse der experimentellen Untersuchungen sowie insbesondere die fachliche Bewertung durch die Feuerwehr sind in zwei Fachempfehlungen für abwehrenden und vorbeugenden Brandschutz für den Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien in Lageranordnung veröffentlicht worden.

Bearbeitungen weiterer Fragestellungen im Bereich des Batteriebrandverhaltens befinden sich am iBMB derzeit in der Beantragung bei den Fördermittelgebern sowie den Forschungspartnern und Unterstützern.

Kontakt: J. Frenz (Mail: j.frenz@ibmb.tu-bs.de)

Das Forschungsvorhaben BEGIN-HVS wurde im Zeitraum von 2023-2025 vom BMBF im Programm „Forschung für die zivile Sicherheit“ (www.sifo.de) unter der Kennziffer 13N16604 gefördert.