

Windenergie

Zweistufiges Abstands-
konzept

Elektromobilität

Netz und Verbrauchern
dienen

Projektbericht

Neubau Heizkraftwerk
Marzahn

Redispatch 2.0

Welche Vorgaben gelten
für Anlagenbetreiber?

Virtuelle Kraftwerke

Low-Hanging-Fruits für
den neuen Business Case

Process Mining

Automatisierte Daten-
analyse optimiert
Meter-to-Cash-Prozess

Cybersicherheit

Ganzheitliche Betrach-
tung notwendig

DIGITALE
SCHALTANLAGE IEC 60870-5-104 MODBUS IT-SECURITY
CYBER SECURITY STATIONSAUTOMATISIERUNG
(SAS) SYNCHROPHASOR
NETZWERK-
ÜBERWACHUNG GOOSE
LEITTECHNIK INTRUSION
DETECTION

Jetzt mit Deep Packet
Inspection von
**IEC-104, Modbus
und Synchrophasor!**

Andreas Klien
Cyber Security Experte

Cyberattacken
wirkungsvoll abwehren

Brandschutz

Einfluss der Elektromobilität auf die Sicherheit von Parkbauten

Die Energiewende im Verkehrssektor schreitet voran. Zuwachsraten übertreffen Prognosen, große Automobilhersteller haben bereits feste Termine für den vollständigen Ausstieg aus der Produktion von Pkw mit Verbrennungsmotoren bekannt gegeben. Zeitgleich mit einem steigenden Anteil von Elektrofahrzeugen im Verkehr ist es zu ersten Erfahrungen mit Unfällen und Bränden gekommen. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsprojekt Suveren hat sich dieser Thematik gewidmet und den Einfluss von Elektrofahrzeugen auf unterirdische Verkehrsbereiche und Parkbauten untersucht.

Bis zum Jahr 2030 sollen nach Plänen der Bundesregierung 10 Mio. Elektrofahrzeuge zugelassen und zudem 1. Mio. Ladepunkte installiert sein [1]. Um eine flächendeckende Ladeinfrastruktur gewährleisten zu können, werden viele dieser Ladepunkte zwangsläufig auch in Parkhäusern und Tiefgaragen installiert werden. Da diese Verkehrsbereiche durch ihre geschlossene Bauweise und niedrige Deckenhöhen für Rettungskräfte meist nur schwer zugänglich sind, stehen die sicherheitstechnischen Aspekte hier im Vordergrund.

Aufgrund fehlender belastbarer Zahlen und Einschätzungen zu Brandgefahren von Elektrofahrzeugen ist im Jahr 2017 das Forschungsprojekt Suveren (Sicherheit in unterirdischen städtischen Verkehrsbereichen bei Einsatz neuer Energieträger) entstanden. Ziel war es, die Auswirkungen von Fahrzeugen mit neuen Energieträgern (NET) auf die Sicherheit in unterirdischen Verkehrsbereichen wissenschaftlich zu untersuchen.

Die Arbeiten im Projekt Suveren befassen sich dementsprechend auch mit Bränden von Fahrzeugen mit Wasserstoff- und anderen Gasantrieben. Der Fokus lag aber eindeutig auf Pkw mit Lithium-Ionen-Batterien. Aufgrund des bis dahin weitgehend unerforschten Brandverhaltens von Elektrofahrzeugen einerseits und der rasanten Verbreitung dieser Technik andererseits wurde bereits in frühen Phasen des Projekts ein dringender Handlungsbedarf identifiziert. Ein Konsortium bestehend aus der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), der Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen (Stuva) und der Fogtec Brandschutz GmbH führte die Untersuchun-



Bild 1. Versuchsstand Suveren-Kalorimeter zur Aufnahme und Erforschung des Brandverhaltens von Lithium-Ionen-Batterien

gen durch. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützte das Projekt maßgeblich durch eine Förderung. Im Folgenden wird über die von Fogtec bearbeiteten Arbeitsinhalte und relevante Ergebnisse berichtet.

Brandereignis auf Zell- und Batterieebene de facto nicht löschar

Zu Beginn des Projekts lagen kaum belastbare Daten zum tatsächlichen Brandverhalten von Batteriemodulen und -packs vor. Eine umfangreiche Literaturrecherche brachte lediglich Informationen zu Bränden einzelner oder weniger Zellen hervor. Im Rahmen des Projekts wurden daher Brandversuche im 1:1-Maßstab unter möglichst realistischen Bedingungen und unter Verwendung von Originalbatterien durchgeführt. Planung, Vorbereitung und Durchführung der Brandversuche erfolgten durch das Institut für angewandte Brandschutzforschung (IFAB GmbH, Berlin).

In den ersten Versuchsreihen sollten grundlegende Wissenslücken zum Brandverhalten von Lithium-Ionen-Batterien geschlossen und weiterführende Erkenntnisse zum Zündverhalten sowie zum Abkühlvorgang gewonnen werden. Die Versuche wurden in einem Kalorimeter (Bild 1) durchgeführt, ein eigens für das Projekt konzipierter und konstruierter Versuchsstand. Eine Vielzahl verschiedener Sensoren, Thermoelemente, Systeme zur Messung der Strahlungswärme und des Masseverlusts sowie der Zusammensetzung der Rauchgase half, die relevanten Daten zu erfassen. Für Letzteres wurde ein speziell für das Projekt beschafftes und hoch empfindliches Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR) verwendet, mithilfe dessen selbst geringste Konzentrationen (ppm-Bereich) von Gasbestandteilen gemessen werden konnten.

In der Analyse der Rauchgase wurden neben den typischen Rauchgasbestandteilen wie Kohlenmonoxid (CO), Kohlen-

dioxid (CO₂) und Stickoxide (NO_x) auch Fluorwasserstoffsäure (HF) festgestellt. Weiterhin wurden auch zahlreiche weitere hochtoxische und -korrosive Substanzen in teilweise kritischen Mengen gemessen, die auf verdampfende und verbrennende Elektrolyte oder andere Bestandteile der Batterie zurückzuführen waren.

Das Brandverhalten der Batterien zeichnete sich durch sehr schnell und heftig ablaufende Reaktionen mit bis zu 1,50 m langen Stichflammen und sehr hoher Wärmefreisetzung aus. An den Oberflächen der Batterien wurden Temperaturen bis zu 1000 °C gemessen. Es konnte beobachtet werden, dass sich das Brandverhalten je nach chemischer Zusammensetzung der Zellkomponenten und der Zellbauform deutlich voneinander unterscheiden kann.

Auf Basis der Versuchsergebnisse wurden die Auswirkungen des thermischen Durchgehens – so wird das einem Batteriebrand zugrunde liegende Phänomen bezeichnet – analysiert. Eine für die weiteren Arbeiten grundlegende Erkenntnis war, dass ab einer bestimmten Temperatur innerhalb einer Batteriezelle elektrochemische Reaktionen beginnen, die zum thermischen Durchgehen, dem Ausstoß von Elektrolytgasen und im schlimmsten Fall zum Bersten und Brand der Zelle führen. Durch den sehr schnellen Ablauf dieser Kettenreaktion (teilweise nicht länger als eine Minute

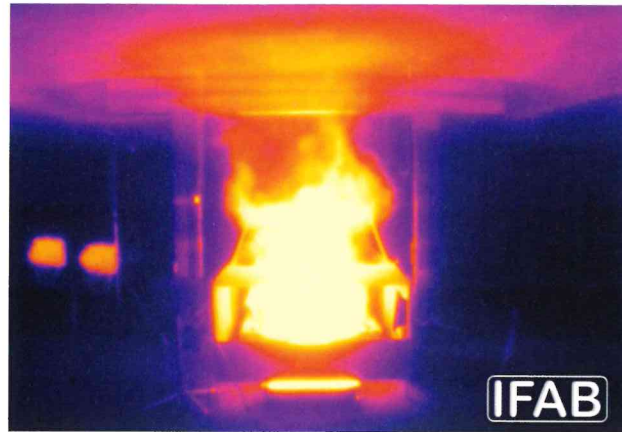


Bild 2. Wärmebildaufnahme eines durchgeführten Brandversuchs. Nachbildung eines Fahrzeugbrands in einer Parkhaus- bzw. Tiefgarageumgebung

für ein komplettes Batteriemodul mit hunderten von Einzelzellen) bestehen realistisch betrachtet sehr wenige bis keine Eingriffsmöglichkeiten. Aus diesem Grund musste festgestellt werden, dass ein Brandereignis auf Zell- und Batterieebene de facto nicht löschar ist, sofern ein Lösch- oder Kühlmittel nicht unmittelbar auf die Zellen selber eingebracht werden kann. Für Planer, Betreiber und Rettungskräfte bedeutet dies in der Praxis, dass sich ein Batteriebrand in einem Elektrofahrzeug in den meisten Fällen in kürzester Zeit auf das gesamte Fahrzeug ausbreiten wird.

Moderne Pkw bestehen heute aus einer Vielzahl brennbarer Materialien, vor allem aus Kunststoffen, die sowohl in Form der Hitzeentwicklung als auch mit

der Entstehung von gesundheitsschädlichen Rauchgasen den Verlauf eines Brandereignisses maßgeblich bestimmen. Vor diesem Hintergrund muss beachtet werden, dass die Brandlast der Batterie selbst in den Hintergrund rückt, und ein voll ausgefalteter Fahrzeugbrand (**Bild 2**) – und somit auch deutlich höhere Wärmefreisetzungs- und Gesamtbrandenergie – im Vordergrund stehen.

Brandversuche in anderen internationalen Forschungsprojekten zeigten ebenfalls, dass im direkten Vergleich der Brandleistung von Verbrenner- und Elektrofahrzeugen keine deutlichen Unterschiede bestehen. Wärmefreisetzungs- und Gesamtenergie ähneln sich zwar, die Brandursache und die notwendigen

Anzeige

devolo IoT Gateway – secure networking

Sicherheit, Ende-zu-Ende gedacht.

Sicher entwickelt.
Sicher produziert.
Sicher geliefert.

www.devolo.de/iot

devolo

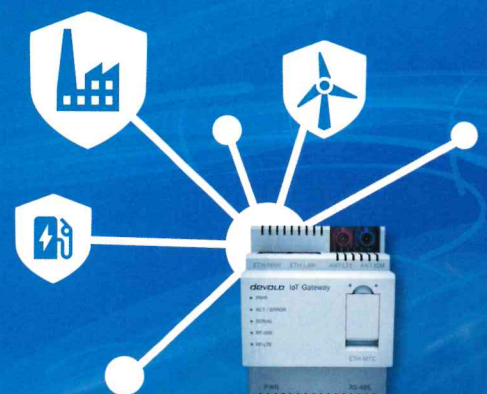




Bild 3. Momentaufnahme kurz nach der Aktivierung des Brandbekämpfungssystems. Durch den Einsatz einer Hochdruck-Wassernebelanlage kann ein Fahrzeugbrand kontrolliert und eingedämmt werden.

Brandbekämpfungsmaßnahmen können aber durchaus unterschiedlich sein [2, 3].

Um praktische Empfehlungen zur Brandbekämpfung von Batterien und Fahrzeugen geben zu können, wurden in einer zweiten Versuchsreihe verschiedene Brandbekämpfungstechnologien untersucht und unter identischen, reproduzierbaren und ingenieurwissenschaftlichen Bedingungen miteinander verglichen. In diesen experimentellen Untersuchungen wurde die Wirksamkeit der Brandbekämpfung eines Batteriebrands mit wasserbasierten Löschmethoden wie Sprinklern und Wassernebel, aber auch Schaumbildnern, Tensid-Gemischen (F-500), Aerosolen sowie gasbasierten Löschmedien (Stickstoff, Kohlendioxid und Novec 1230) untersucht. Außerdem wurden diverse Detektionssysteme und Sensoren, von Punktrauchmeldern über Rauchsaugsysteme bis hin zu linearen Temperatur-/Wärmesensoren untersucht. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sowohl die Erkennung als auch die Bekämpfung von Batteriebränden technisch gesehen mit verschiedenen Methoden und Systemen möglich ist, es aber im Anwendungsfall sehr auf die richtige Auswahl eines geeigneten Systems oder der passenden Kombination solcher ankommt. Hier spielen die Zugänglichkeit der Batterie für das Löschmedium, die sie umgebende Brandlast (zum Beispiel ein Fahrzeug), die räumliche Umgebung, Lüftungsbedingungen sowie die passende Kombination aus Branderkennungs- und Bekämpfungssystemen entscheidende Rollen.

Stellen Ladesäulen in Tiefgaragen ein besonderes Brandrisiko dar?

Der Erfolg der Elektromobilität ist mit der Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten, sowohl im kommerziellen Umfeld

als auch im öffentlichen Raum, eng verbunden. Gerade im städtischen Umfeld trägt das Laden bei kurzen Fahrtunterbrechungen zur Flexibilität und der Reichweite von Elektrofahrzeugen bei. Parkhäuser und Tiefgaragen stellen dabei einen zentralen Punkt für die künftige Ladeinfrastruktur dar. Diese geschlossenen und teilweise unterirdischen Gebäude erfordern aus Sicht des Brandschutzes eine besondere Beachtung. Für eine seriöse Herangehensweise für solche Bereiche müssen Betrachtungen zu Wahrscheinlichkeiten von Batteriebränden angestrengt und geklärt werden, ob es während des Ladens eher zu einem Brandereignis kommen kann. Während auf Zellebene dieser Zusammenhang bereits festgestellt wurde, sind Brandereignisse von Elektrofahrzeugen an Ladestationen ebenfalls zahlreich dokumentiert [4]. Eine eindeutige Datenlage zur Häufigkeit solcher Brandereignisse gibt es derzeit, aufgrund der relativ kurzfristigen Marktentwicklung, allerdings noch nicht. Es fehlen vor allem Untersuchungen von unabhängigen Stellen, um die Veröffentlichungen von zum Beispiel einzelnen Herstellern einzuordnen beziehungsweise bewerten zu können. Ein entscheidender Punkt bleibt zudem häufig unberücksichtigt: Das Alter von Batterien hat einen deutlichen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit von Bränden. Dies gilt sowohl für Elektrofahrzeuge als auch für einzelne Batteriezellen.

Nach aktueller Einschätzung ist in Bereichen mit Ladeinfrastruktur eine Absicherung mit anlagentechnischem Brandschutz klar zu empfehlen, da zu den oben beschriebenen Unsicherheiten in der Datenlage weitere Faktoren wie mögliche Bedienungsfehler, nicht sachgemäße oder regelmäßige Prüfung, unvorhergesehene Defekte (siehe Rückruf durch Hyundai [5]) und Verschleiß hinzukommen.

In der abschließenden Brandversuchsreihe des Forschungsprojekts wurden die Erkenntnisse der oben beschriebenen Versuchsreihen mit Analysen von Fahrzeug-Brandversuchen und Brandsimulationen zusammengeführt. Die Nachstellung von Bränden moderner Fahrzeuge in einer Parkhaus- oder Tiefgaragenumgebung stand hierbei im Fokus. Im Ergebnis konnte mithilfe einer Hochdruck-Wassernebelanlage (Bild 3) ein repräsentativer Fahrzeugbrand effektiv kontrolliert und die Brandausbreitung verhindert werden.

Eine Veröffentlichung wesentlicher Forschungsergebnisse in Form eines Leitfadens ist zur Jahresmitte 2021 geplant. Dieser soll konkrete und umsetzbare Empfehlungen zum sicheren Umgang mit Elektrofahrzeugen in unterirdischen Verkehrsanlagen für Planer, Betreiber und Rettungskräfte geben. Weiterhin sind die Forschungsergebnisse bereits jetzt in Normungs- und Standardisierungsgremien eingeflossen und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit des gesamten Umfelds der Elektromobilität.

Literatur

- [1] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung: Klimaschonender Verkehr. www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschonender-verkehr-1794672
- [2] Lam, C.; Macneil, D.; Kroeker, R.; Lougheed, G.; Lalime, G.: Full-Scale Fire Testing of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles. In: Fourth International Conference on Fire in Vehicles, 2016.
- [3] Lecocq, A.; Bertana, M.; Truchot, B.; Marlaire, G.: Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. 2014.
- [4] Busschop, R.; Willstrand, O.; Amon, F.; Rosengren, M.: Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles (RISE report 2019 50). RISE Research Institute of Sweden, 2019.
- [5] Freiwah, P.: Kfz-Rückruf wegen Brandgefahr: Auto-Riese muss über 80000 Elektroautos nachbessern. www.merkur.de/wirtschaft/hyundai-rueckruf-auto-brandgefahr-elektroauto-kona-ev-ioniq-zr-90218168.html

>> **Stephan Klüh**,
CFD-Ingenieur (F&E),
Fogtec Brandschutz GmbH, Köln

Lukas Fast,
Produktmanager – Neue Energieträger,
Fogtec Brandschutz GmbH, Köln

>> stephan.klueh@fogtec.com
lukas.fast@fogtec.com

>> www.fogtec-international.com