

Neue Antriebsarten und der Brandschutz

Was die Einführung von Batterie- und Wasserstoffbussen für Betriebshöfe bedeutet

Dipl.-Ing. Markus Kraft, M.Sc. Tim Mai, M.Sc. Julian Park; Essen

Durch die stetige Weiterentwicklung unserer Mobilität und der Antriebsarten stehen sowohl Brandschützer, Explosionsschutzexperten, Versicherer als auch Feuerwehren vor neuen Herausforderungen. Besondere Bedeutung kommt dabei neuen Werkstoffen im Bereich der Akkumulatoren zu. Diese kombinieren neuartige Batteriezellen mit wasserstoffbasierten Brennstoffzellen zur Erzeugung elektrischer Energie.

Neben der Herausforderung neuer Löschtechniken und Einsatztaktiken gilt es, auch im baulichen Bereich neue Probleme brandschutztechnisch zu lösen. Wie werden konventionelle Betriebshöfe mit neuen Fahrzeugen ausgestattet, so dass die eigene Fahrzeugflotte im Brandfall geschützt wird und dabei die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen im Verhältnis zum Ertrag einen möglichst hohen Wirkungsgrad aufweist? Zum eigentlichen Verständnis der Problematik soll dieser

Artikel aktuelle Technologien vorstellen und diese brandschutztechnisch erörtern, um anschließend Möglichkeiten der Lösung aufzuzeigen. Hierfür ist es wichtig, zuerst die neuen Antriebe sowie die verwendeten Technologien zu erklären.

Neue Antriebe

Lithium-basierte Akkumulatoren

Als fortschrittlichste Art der Speicherung von elektronischer Energie gelten zurzeit die Lithium-basierten Akkumulatoren. Problematisch wird die Position der Akkus sobald Brandbekämpfungsanlagen verbaut werden sollen, wie zum Beispiel Sprinkleranlagen, da diese keine Möglichkeit haben, Brände im Heckbereich oder unter dem Fahrzeug zu löschen. Ein weiteres Problem, neben dem Verbauort, ist die Lagerung der genutzten Akkumulatoren. Die erhöhte Brandlast bei der Lagerung stellt neue Anforderungen an den vorbeugenden

Brandschutz und verlangt unkonventionelle Lösungsansätze zum Schutz der eigenen Sachwerte und Mitarbeiter.

Brennstoffzellen

Brennstoffzellen, die ein wichtiger Bestandteil von hybriden Wasserstoff-/Elektrobussen sind, nutzen Wasserstoff als Energiequelle. Als Element selbst ist es ein farbloses und geruchloses Gas, welches 14-mal leichter als Luft und zusätzlich leicht entzündlich ist. Die Explosionsgrenzen eines Wasserstoff-Luft-Gemisches liegen zwischen 4 Vol-% Wasserstoff und 77 Vol-%. Dies begünstigt die Entwicklung einer kritischen Atmosphäre.

Batteriebusse und Wasserstoffbusse

Im Regelfall nutzen sowohl Batteriebusse, als auch Wasserstoffbusse Lithium-basierte Akkumulatoren. Der Verbauort variiert dabei in Abhängigkeit vom beschafften Fahrzeug und ist bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht genormt. Positioniert werden sie sowohl auf dem Dach als auch im Heck und auf der Unterseite von Bussen, je nach Konstruktionsansatz. Sie versorgen die Motoren mit der benötigten elektrischen Energie, um diese in eine Rotationsbewegung der Räder umzuwandeln und so den Vortrieb zu ermöglichen. Während Batteriebusse durch Ladegeräte direkt am Akkumulator aufgeladen werden, erzeugen Wasserstoffbusse ihre elektrische Energie zumeist durch Brennstoffzellen. Durch Wasserstoff entsteht dabei elektrische Energie, die im Akkumulator zwischengespeichert wird und nachträglich, wie bei Batteriebussen, in den jeweiligen Motoren verbraucht wird.

Brandschutztechnische Problematik

Es stellt sich unmittelbar die Frage nach möglichen Regelwerken, die zur Problem-

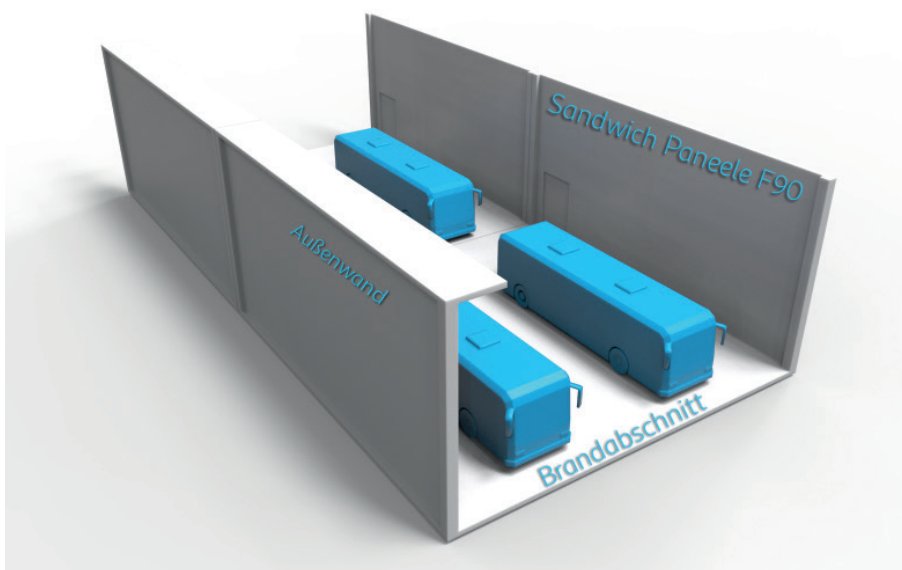


Abb. 1: Brandabschnittbildung durch Sandwich-Paneele.

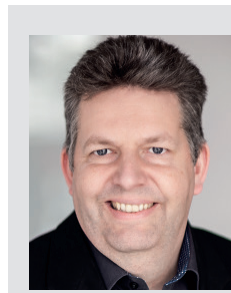
lösung herangezogen werden können. Öffentlich-rechtliche Vorschriften lassen beispielsweise bei Busabstellhallen in Nordrhein-Westfalen eine bauordnungsrechtliche Einordnung nach der Sonderbauverordnung NRW (SBauVO NRW) zu und werden demnach wie übliche Großgaragen betrachtet. Die SBauVO NRW sieht dabei keine spezifischen Maßnahmen für Busabstellhallen oder Linienbusse mit alternativen Antrieben innerhalb der Gebäude vor. Vergangene Brandereignisse mit Linienbussen konventioneller Antriebe zeigen bereits auf, dass es im Falle eines Brandereignisses zu einer schnellen Brandausbreitung mit hoher Abbrandgeschwindigkeit und einem Totalverlust der abgestellten Busflotte kommen kann, da die Anforderungen an die zu verwendenden Baustoffe verhältnismäßig gering sind. Als zusätzliches Risiko müssen nun Betriebshöfe betrachtet werden in denen Busse mit alternativen Antrieben betrieben werden.

Dieser Ansatz muss derzeit auf der Grundlage von technischen Richtlinien und Normen erfolgen, die alternative Antriebsformen und deren Risiken im Sinne des Sachwertschutzes gesondert berücksichtigen. Innerhalb von Veröffentlichungen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV e.V.)¹⁾ zur Schadenverhütung, der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF Bund) und des Deutschen Feuerwehrverbandes (DFV e.V.)²⁾ bezüglich Lithium-basierter Akkumulatoren werden die Risiken eines Austritts giftiger, brennbarer oder explosionsfähiger Inhaltsstoffe neben einer hohen Brandbelastung und einer raschen Brandausbreitung mit hoher Energiefreisetzung und starker Rauchentwicklung benannt. Bei der Verwendung wasserstoffbasierter Antriebsformen ist entsprechend des Arbeitskreises der AGBF Bund zum Thema „Wasserstoff und dessen Gefahren“ mit zusätzlichen explosionsschutztechnischen Maßnahmen zu rechnen, auf die später tiefergreifender im Text eingegangen werden soll.

Bei dem Betreiben von Bussen mit alternativen Antrieben ergibt sich entsprechend der Verwendung von Lithium-basierten Akkumulatoren und wasserstoffbasierten Antrieben die Notwendigkeit von Maßnahmen im Sinne des Sachwertschutzes auf

1) Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV e.V.): Lithium-Batterien. Köln (VdS 3103:2016-05).

2) Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF Bund); Deutscher Feuerwehrverband (DFV e.V.) (2018): Risikoeinschätzung Lithium-Ionen Speichermidien.



Zum Autor

Dipl.-Ing. Markus Kraft (47) ist seit 2016 geschäftsführender Gesellschafter der Brandwerk Solution GmbH und Brandwerk Traffic GmbH und gleichzeitig Mitglied im Prüfungsausschuss Brandschutz der Ingenieurkammer Bau NRW. Nach seinem Diplom-Abschluss als Ingenieur für Sicherheitstechnik an der Universität Wuppertal erweiterte Kraft seinen Kompetenzbereich um den Abschluss des staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung des Brandschutzes. Als Gesellschafter bei der BSCON Brandschutzconsult GmbH gewann er 2011 den Brandschutzpreis des Feuertrutz Verlages in Köln.



Zum Autor

M.Sc. Tim Mai (30) ist Brandschutzsachverständiger bei der Brandwerk Traffic GmbH. Dort betreut er neben Tunnelanlagen in Köln und U-Bahnstationen in Düsseldorf die Betriebshöfe der Wuppertaler Stadtwerke in Bezug auf die Neuanschaffung von Linienbussen mit alternativen Antrieben. Weiterhin engagiert er sich bei der Feuerwehr Moers als Gruppenführer. Er studierte Maschinenbau an der Universität Duisburg-Essen und begann seine Karriere bei der Mitarbeit an internationalen Rüstungsprojekten. Anschließend war er in der Entwicklung von persönlicher Schutzausrüstung und der Projektierung von Sprinkleranlagen tätig.



Zum Autor

M.Sc. Julian Park (28) ist seit Anfang des Jahres bei der Brandwerk Traffic GmbH als Brandschutzsachverständiger tätig und fokussiert sich dabei auf Verkehrs- und Infrastrukturprojekte sowie Brand- und Räumungssimulationen. Er studierte an der Technischen Hochschule Köln Rettungswesen (B.Eng) und Brandschutzingenieurwesen (M.Sc.). Neben seinem Masterstudium erstellte er bis Ende 2017 bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH Brand- und Gefahrstoffausbreitungssimulationen und optimierte diese für Rechencluster.

der Grundlage von technischen Normen und Richtlinien zusätzlich zu den öffentlich-rechtlichen Vorschriften.

Lösungsansätze

Löschmittel und Wirkung

Problematisch an dieser Art von Akkus ist, dass sie über gebundenen Sauerstoff in der positiven Elektrode (Kathode) verfügen. Somit reagieren die Verbrennungsprozesse teils heftig, auch unter sauerstoffreduzierten Umgebungen, die zum Beispiel durch Gaslöschanlagen erzeugt werden können. Nach der „Studie zur Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien (Akkus) und Lithium-Metall-Batterien“³⁾ ergab sich somit Wasser als die effektivste und wirtschaftlichste Möglichkeit der Brandbekämpfung, indem dem Verbrennungsprozess möglichst schnell, möglichst viel Reaktionsenergie entzogen wird. Wasserbasierte Brandbekämpfungsanlagen können so, gerade bei der Lagerung von Akkus, genutzt und effektiv eingesetzt werden. Bei geparkten Bussen verhält sich diese Thematik jedoch anders: Durch die

3) Forschungsstelle für Brandschutztechnik, KIT

unterschiedlichen Verbauorte, lassen sich die brennenden Zellen nicht zwangsläufig unmittelbar mit Wasser beaufschlagen. Der Kühleffekt würde somit ausbleiben.

Bauliche Maßnahmen

Da es bei einem potenziellen Fahrzeugbrand zu einer schnellen Ausbreitung durch dicht aneinander geparkte Fahrzeuge kommt, ergibt sich die Abkofferung einzelner Fahrzeuggruppen als effektivste Variante, um einen hohen Schaden zu vermeiden. Klassisch können dabei Brandabschnitte mit Brandwänden ausgebildet werden, die jedoch eine sehr teure Lösung darstellen, da die Wände alleine konstruktiv über das Dach geführt werden müssen. Als alternative, schnelle Lösung muss also ein anderer Ansatz gefunden werden, der neue Wege außerhalb des Standards beschreibt: So können großflächige Sandwichpaneele mit Kern aus nichtbrennbarer Mineralwolle mit einer an nähernden Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten verbaut werden, die eine Garage in Brandabschnitte aufteilt, um so zumindest die Brandausbreitung bis zum Eintreffen der Feuerwehr zu vermeiden und nur einen Teilverlust in Kauf zu nehmen.

Tab. 1: Brandschutztechnische Maßnahmen bei der Lagerung von Lithium-basierten Akkumulatoren.

Batterietyp		Lagerung				Anforderungen				
Lithium-Metall	Lithium-Ion	Menge [m³]	Menge [Euro-Paletten]	Fläche [m²]	Höhe [m]	Keine Mischlagerung	Abstand von 2,5 m zu brennbaren Materialien	Abtrennung in F90 oder Abstand von 5 m zu brennbaren Materialien	Brandmeldeanlage	Sprinkleranlage
≤ 2 g Lithium	≤ 100 Wh	≤ 7	≤ 6	/	/	/	X	/	/	/
		> 7	> 6	/	/	X	X	X	X	/
> 2 g Lithium ≤ 12 kg	> 100 Wh ≤ 12 kg	/	/	≤ 60	≤ 3	X	X	X	X	/
		/	/	> 60	> 3	X	X	X	X	X
> 2 g Lithium > 12 kg	> 100 Wh > 12 kg	Immer				X	X	X	X	X

Diese Alarmierungszeit kann weiter mit einer Brandmeldeanlage verkürzt werden, wobei jeder Fahrzeugbrandabschnitt dabei gesondert überwacht werden muss. Je nach Bauweise der Großgarage muss die Lösung dabei individuell für das jeweilige Objekt gefunden werden, da entstehende Rauchgase eine gewisse Zeit brauchen, um in den Dachbereich zu gelangen, falls die Rauchmelder konventionell im oberen Bereich der Abstellhalle verbaut wurden. Nach einer Simulation der Bundesanstalt für Materialforschung- und Prüfung (BAM) erweisen sich Rauch- und Wärmeabzugsanlagen als nicht effektiv und können zur Verbesserung des Schutzziels nicht herangezogen werden.

Lager für Lithium-basierte Akkus hingegen verfügen bereits über Regelwerke, die genutzt werden können. So veröffentlichte der GDV die „VdS 3103: Lithium-Batterien“. Diese befasst sich mit brandschutztechnischen Aspekten bei der Lagerung von Lithium-basierten Akkus. Dabei hängen die vorgeschlagenen Maßnahmen stark von der Menge der Brandlast ab, also der Menge an gelagerten Zellen. Neben der Veröffentlichung vom GDV befassen sich aber insbesondere Versicherungen mit der Lagerung und den erforderlichen brandschutztechnischen Maß-

nahmen. Für die unterschiedlichen Fälle soll Tabelle 1 einen Überblick liefern.

Maßnahmen bei der Nutzung von Wasserstoff

Weiterhin erfordern Wasserstoffbusse eine tiefgreifendere Betrachtung im Bereich des Brand- und Explosionsschutzes. In Anlehnung an die BGI 5108: „Wasserstoffsicherheit in Werkstätten“ der Berufsgenossenschaft der Straßen-, U-Bahnen und Eisenbahnen können folgende, allgemeingültige Maßnahmen zum Schutz der eigenen Mitarbeiter und Sachwerte in Betracht gezogen werden:

- Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen.
- Installation von Wasserstoffsensoren und Abluftanlagen.
- Überprüfung von Fahrzeugen vor Einfahrt mit der verbauten Sensorik.

Wobei die Sensoren in diesem Falle gerade Leckagen der Tanks erkennen und melden sollen. Zur weiteren Beurteilung des Explosionsschutzes ist die Heranziehung von Expertenmeinungen sinnvoll, um ein breites Spektrum an potenziellen Gefahren frühzeitig zu erkennen und durch entsprechende Maßnahmen eindämmen zu

können. Zusätzlich darf nicht vergessen werden, dass Wasserstoffbusse bauliche Konsequenzen zur Folge haben: So müssen ebenfalls Werkstattbereiche und etwaige Tankstellen in den Fokus der Betrachtung gezogen werden, da der derzeitige brandschutztechnische Ansatz sich fast ausschließlich auf die Fahrzeuge beschränkt.

Ausblick

In Zukunft ist die Schaffung von einheitlichen technischen Regelwerken im Umgang mit neuen Fahrzeugantrieben wichtig. Diese müssen im Dialog mit der Feuerwehr, Brandschützern, Versicherungen und Verkehrsunternehmen erfolgen, um einen gemeinsamen Konsens zu finden. Die Anzahl der Neuveröffentlichungen in diesem Forschungsbereich steigt stetig und zeigt eine eindeutige Tendenz, dass die Problematik erkannt wurde und gemeinschaftlich gelöst werden muss. Bei der Lagerung von Lithium-basierten Akkus wurden, wie bereits erwähnt, Regelwerke mit konkreten Maßnahmen schon veröffentlicht und dienen als Grundlage für die brandschutztechnische Bewertung. Insgesamt betrachtet bleibt allerdings gerade bei der Ertüchtigung von Bestandsbauwerken nur eine individuelle Betrachtung, die dementprechende Dokumentation voraussetzt.

Zusammenfassung/Summary

Neue Antriebsarten und der Brandschutz

Neue Antriebsarten in Fahrzeugen erweitern die brandschutztechnischen Fragestellungen um Gefahrenpotenziale von Lithium-basierten Akkumulatoren und Brennstoffzellen, die mithilfe von Wasserstoff, elektrische Energie erzeugen. Durch verheerende Erfahrungen mit Busdepotbränden bei Fahrzeugen konventioneller Antriebe, die zum großen Teil einen Totalverlust der Fahrzeugflotte zur Folge hatten, stellt sich die Frage nach möglichen brand- und explosionsschutztechnischen Maßnahmen bei Batterie- und Wasserstoffbussen zum Schutz der Sachwerte und Mitarbeiter, die in diesem Artikel erörtert werden soll.

New types of drive systems and fire protection

Alternative types of drive systems in vehicles generate new questions regarding the fire protection to reduce the danger of lithium-based accumulators and fuel cells, which use hydrogen to produce electric energy. Due to devastating experiences with bus depot fires caused by vehicles which use conventional drive system that almost ever lead to a total loss of the whole vehicle fleet, new fire- and explosion protection is needed to ensure the safety of the physical assets and employees alike. This article gives an overview of potential measures to reduce the danger of fire spread in bus depots.