



# Brandschutz für E-Bus-Depots

Sind Brandschutzmaßnahmen bei der Anschaffung von Elektrobussen für den öffentlichen Nahverkehr notwendig? Die VdS-Richtlinie 0825 „Brandschutz in Bus-Betriebshöfen“ beschreibt neben den Brandschutzmaßnahmen, warum diese Richtlinie notwendig war.

Viele Städte sehen in dem Umstieg auf elektrisch betriebene Busse einen wichtigen Baustein in der Verkehrswende hin zu mehr Nachhaltigkeit im öffentlichen Verkehr.

Getrieben wird der Wandel von der Bundesregierung und der Europäischen Union (EU). Die seit Sommer geltende „Clean Vehicles Directive“ (CVD) der

EU setzt erstmals verbindliche Mindestziele für Neubeschaffungen emissionsarmer und CO<sub>2</sub>-freier Busse im ÖPNV. Danach müssen 45 Prozent „saubere Fahrzeuge“ sein, aber bis Ende 2030 steigt der Anteil auf 65 Prozent. Mindestens die Hälfte der Mindestziele für Busse im ÖPNV muss durch emissionsfreie Fahrzeuge erfüllt werden.

Wenn allerdings in Busabstellhallen Feuer ausbricht, dann sind die Schäden oft hoch und die Bilder spektakulär. So auch im Jahre 2021, als drei Brände in Busabstellhallen nicht nur die Verkehrsbetriebe, sondern auch die Versicherungswirtschaft aufschreckten.

Dies war sogar am 21.10.2021 um 09:47 eine Meldung in der tagesschau wert:



Bild 2



Bild 1 / Vollbrand der Abstellhalle der Stuttgarter Straßenbahnen (SSB)

Bild 2 / Nach dem Brand: die nicht brennbaren Reste der Busse und Abstellhalle der SSB in Stuttgart

## .....TAGESSCHAU-MELDUNG.....

### E-Bus-Sicherheit

*Depotbrände verunsichern Verkehrsbetriebe*

Nach einem Brand in einem Stuttgarter Busdepot haben einzelne Verkehrsbetriebe ihre E-Busse vorübergehend stillgelegt. Laut Polizei könnte ein Ladevorgang das Feuer verursacht haben. Wie ausgereift ist die Technologie?

dann werden nur sehr selten Elektrobusse bzw. deren Batterien als bestätigte Auslöser eines Feuers genannt. Konventionelle Dieselbusse tauchen in diesem Zusammenhang weitaus häufiger als Verursacher auf. Wobei dieser Vergleich natürlich hinkt, schließlich fahren noch immer deutlich mehr Busse mit Verbrennermotoren auf deutschen Straßen als deren elektrische Pendanten. Von den ca. 50.000 ÖPNV-Bussen sind bisher ca. 2.000 E-Busse, der Rest verfügt weiter über einen Dieselantrieb.

### GDV bestätigt: Brandrisiko von E-Fahrzeugen nicht höher

Ganz aktuell wurde im März 2023 auf der 14. E-Bus-Konferenz in Berlin von Prof. Dr. Thomas Sauter-Servaes eine Grafik vorgestellt, in der die Anzahl der Brände von Pkws in den Jahren von 2018 bis 2020 in den USA im Vergleich

zwischen kraftstoff- und elektrobetriebenen Fahrzeugen (Tesla) verglichen wurden. Auf eine Milliarde Personenkilometer hat es bei kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen jedes Jahr über 50 Brände gegeben, bei den Teslafahrzeugen fünf Brände. (Quelle: <https://www.tesla.com/VehicleSafetyReport>)

Auch die Statistik des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) zeigt keine Auffälligkeiten bei den Elektrofahrzeugen gegenüber kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen. Bezogen auf die Busflotte von ca. 8.500 Elektrobussen in Europa, würde dies ca. drei Brände in Elektrobussen bedeuten. Allerdings haben im Zeitraum von 2007 bis 2023 in Deutschland 19 Busbetriebshöfe gebrannt: **Bielefeld, Bottrop, Burghausen, Darmstadt, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Heidelberg, Koblenz, Mannheim, München, ▶**

### Schadenhäufigkeit

Zuallererst: Noch finden sich keine offiziellen Statistiken zu Häufigkeit, Ursachen und Schäden von Bränden in deutschen Busdepots. Wenn überhaupt,

**Pforzheim, Salzgitter, zweimal Springe in zwei Jahren, Sittensen (Brandstiftung), Stuttgart, Velbert, Wiesmühl an der Alz.** (Quelle: eigene Auswertung des Autors)

Rein rechnerisch brennt also ein Busdepot im Jahr, wenn man hier auch nicht von statistischen Größen aufgrund der kleinen Zahl sprechen kann. Auslöser der Brände waren bis auf einen Brand im Jahr 2021 dieselbetriebene Busse. Trotz dieser Feststellung bedürfen zwei Aspekte einer genaueren Betrachtung: zum einen die Lithiumbatterien (Li-Akku) eines E-Fahrzeugs, zum anderen das Depot für Elektrobusse selbst, d. h. der Ort zum Aufladen und Abstellen der Busse.

### Im Jahr 2021 erfolgten drei Brände in Busabstellhallen

Am 01.04.2021 zerstörte ein Brand auf dem Betriebshof Heerdt der Rheinbahn in Düsseldorf 38 Busse einschließlich der Abstellhalle. Die Berufsfeuerwehr Düsseldorf konnte die angrenzenden Brandabschnitte halten. Es brannte also nur ein Brandabschnitt, wie im Brandschutzkonzept vorgesehen, ab. Allerdings sind die Brandabschnitte in Busbetriebshöfen etwas größer und können schon einmal ein bis zwei Fußballfelder (5.000 – 10.000 m<sup>2</sup>) betragen. In der vom Brand zerstörten Halle wurden acht Gelenk- und 22 Solobusse sowie acht Elektrobusse vernichtet. Ursache war ein technischer Defekt. (Quelle: Ddorf-aktuell 30.07.2021)

Im Juni 2021 erfolgte dann ein zweiter Brand in der Busabstellhalle der ÜSTRA in Hannover. Hier brannten neun Busse aus, davon fünf Elektrobusse (**Bild 1**).

Und im Oktober 2021 zerstörte ein Brand das gesamte Busdepot der Stuttgarter Straßenbahnen (SSB). Durch den heldenhaften Einsatz der Busfahrer konnten 60 Busse herausgefahren werden, sodass „nur“ 25 Busse, darunter auch zwei Elektrobusse, ausbrannten (**Bild 2**). (Quelle: SWR 01.10.2021)

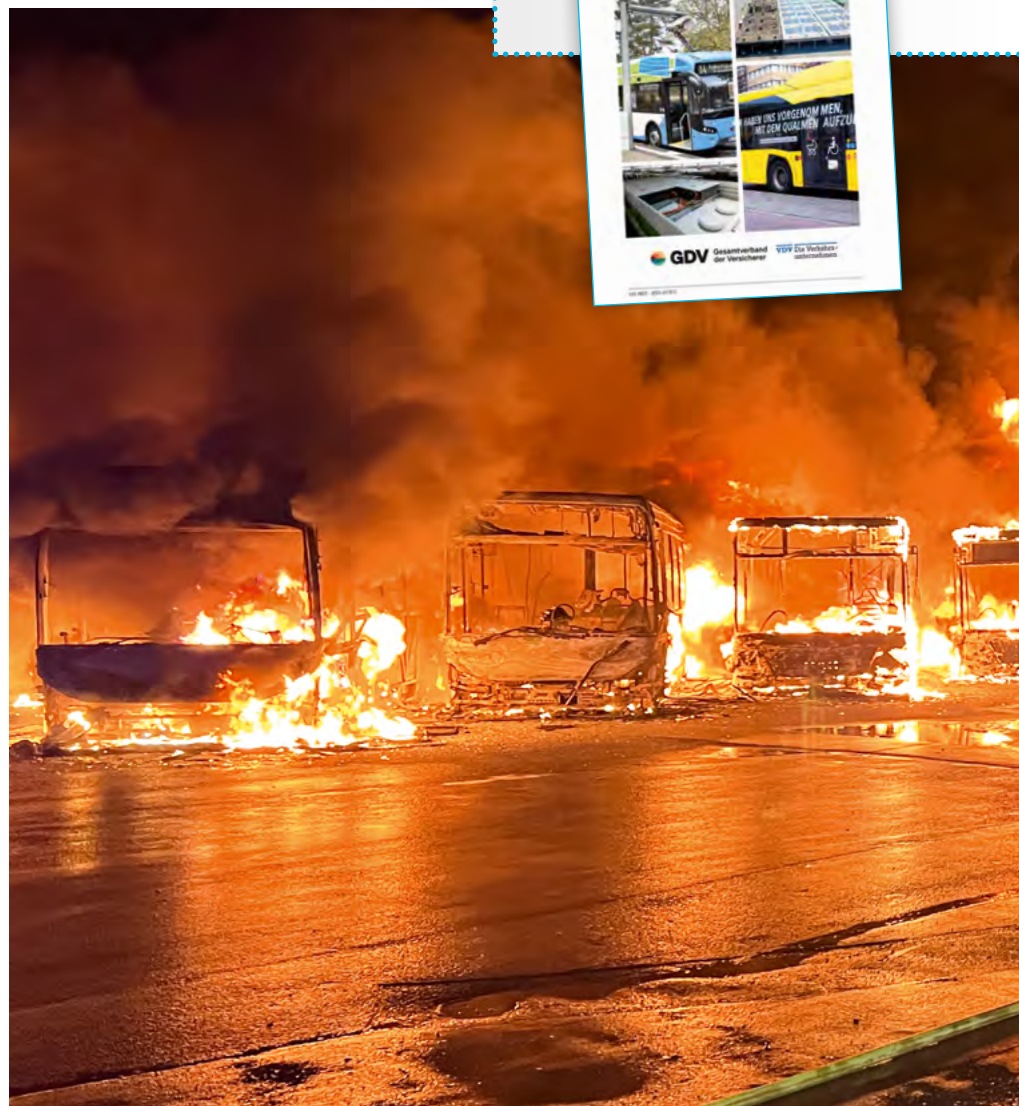
Eine erste Auswertung hat ergeben, dass der Großbrand möglicherweise durch den Ladevorgang eines Elektrobusse ausgelöst wurde. Es werde deshalb derzeit von einem technischen Defekt als Brandursache ausgegangen. (Quelle: swr 07.10.2021)

### Errichtung einer Projektgruppe zum Brandschutz von Busdepots

Aufgeschreckt durch diese Brände innerhalb eines Jahres, bei dem in allen Betriebshöfen Elektrobusse in Mitleidenschaft gezogen wurden, hat die Kommission Sach-Schadenverhütung im GDV einer neugegründeten Projektgruppe im März 2022 den Auftrag zur Erstellung einer Richtlinie zum Brandschutz von Busdepots gegeben.

### Warum war die Erstellung der VdS 0825 „Brandschutz in Bus-Betriebshöfen“ notwendig?

Für Busdepots stellen die neuen „alternativen“ Antriebsarten neue Risiken dar. In der **VdS-Richtlinie** wird beschrieben, welche Komponenten hierfür neu berücksichtigt werden müssen, welches Brandrisiko von ihnen ausgeht, wie sie sich in einem bereits brennenden Umfeld verhalten und welches Eingreifen von „Löschtechnik“ oder Hilfskräften das Risiko oder den Schaden vermindern kann.





Die VdS Richtlinie 0825 ist eine gemeinsame Publikation des GDV und des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV) in Zusammenarbeit mit:

- AGBF/DFV (Arbeitsgemeinschaft Berufsfeuerwehren und Deutscher Feuerwehrverband)
- BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung)
- DGUV (Berufsgenossenschaften)
- vfdb (Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes)

### Warum wurde jetzt diese Richtlinie in Auftrag gegeben?

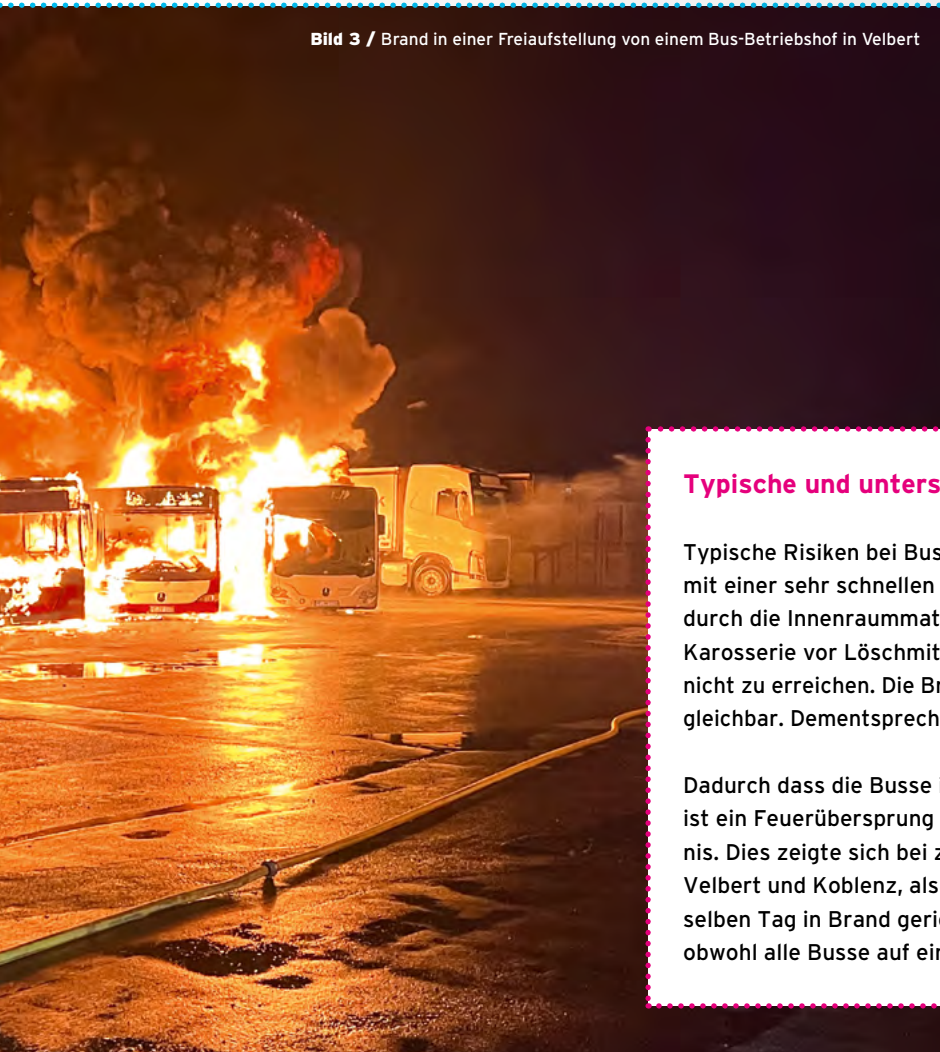
Betriebshöfe galten bis 2012 für die Sachversicherer als einfache Gefahr, die also risikotechnisch von untergeordneter Bedeutung waren. Es handelt sich dabei um Hallen, die keine Produktion und auch keine Läger beinhalten. Bis zu diesem Zeitpunkt gingen auch alle davon aus, dass die Brandlast in den Abstellhallen unbedeutend sei, da dort in der Regel „nur“ Busse untergestellt sind. Umso größer war das Erstaunen, als am 25.12.2011 ein fußballfeldgroßes Busdepot (99 x 52 m<sup>2</sup>) mit 70 Fahrzeugen vollständig durch ein Feuer in kurzer Zeit zerstört wurde (Lit: s+s report 1/2014).

### Grundsätzliches zum Umbau der Depots

Neben dem Schutz der Depots und der darin befindlichen Busse sind Störungen oder Ausfälle des Verkehrsbetriebs zu berücksichtigen. Der ÖPNV muss als „kritische Infrastruktur“ eingestuft werden. Der Ausfall einer großen Anzahl von Bussen bei der Zerstörung eines Busdepots kann erhebliche Auswirkungen für den öffentlichen Nahverkehr, insbesondere für den Schul- und Berufsverkehr, haben. Daher muss das Schutzkonzept eine Minimierung von Betriebsausfällen durch Brände in einem Busdepot berücksichtigen.

In der Regel muss der Betrieb von Busdepots bei der Umstellung von dieselbetriebenen Bussen auf Elektrobusse und/oder Brennstoffzellenbusse komplett neu gedacht und in der Regel auch umgebaut werden. Dies bedeutet u. a. eine neue und vor allem eine leistungsfähigere Stromversorgung, neue Werkstattbereiche mit Hochvoltarbeitsplätzen, neue Berufsqualifikationen und vieles mehr. Mit all diesen Veränderungen muss der Betreiber für jeden Arbeitsplatz eine Gefährdungsanalyse durchführen, um die Gefahren zu identifizieren und um Schutzvorkehrungen treffen zu können. ►

**Bild 3** / Brand in einer Freiaufstellung von einem Bus-Betriebshof in Velbert



### Typische und unterschätzte Risiken in Busdepots

Typische Risiken bei Busbränden sind die hohen Brandlasten gekoppelt mit einer sehr schnellen Brandausbreitung. Die Brandlast von Bussen ist durch die Innenraummaterialien enorm hoch und in der Regel durch die Karosserie vor Löschmitteln (z. B. aus einer Sprinkleranlage) von außen nicht zu erreichen. Die Brandlast von Dieselbus und E-Bus ist etwa vergleichbar. Dementsprechend unterscheiden sich brennende Busse wenig.

Dadurch dass die Busse in den Abstellhallen dicht aneinander stehen, ist ein Feuerübersprung zu einem benachbarten Bus kein großes Hindernis. Dies zeigte sich bei zwei aktuellen Depotbränden am 26.12.2022 in Velbert und Koblenz, als zwei Bus-Betriebshöfe in Freiabstellungen am selben Tag in Brand gerieten und die Busse Opfer des Brandes wurden, obwohl alle Busse auf einem Freigelände standen (**Bild 3**).



## URSACHEN & BRANDVERHALTEN

### Ursachen für Brände von Dieselnbussen

- Undichte Einspritzleitungen der Kraftstoffversorgung
- Heiß gelaufene Kugellager (Riementrieb)
- Defekte an Abgasnachbehandlungssystemen (Standregeneration)
- Defekte am 24-V-Stromsystem
- Defekte an der fossilen Zusatzheizung
- Mit Kohlenstoff zugesetzte (verkockte) Druckluftleitungen

### Ursachen für Brände von E-Bussen

- Fertigungsfehler/Isolationsschäden (Separator) in der Batterie
- Kurzschluss in der Batterie durch Alterung bzw. Dendriten
- Fehlerhafte HV-Verschraubungen
- Defekte am 24-V-Stromsystem
- Defekte an der fossilen Zusatzheizung (falls noch vorhanden)

### Brandverhalten

- Die Zwischenräume zwischen den abgestellten Bussen in den Abstellanlagen sind sehr eng. Die Brandausbreitung in einem Bus bis zum Vollbrand vollzieht sich innerhalb kürzester Zeit (ca. 2-3 Minuten).
- Der Brandüberschlag zu den benachbarten Bussen geschieht ohne große Zeitverzögerung, sodass in kürzester Zeit bei dicht abgestellten Bussen diese ebenfalls in Vollbrand stehen. Hallen und Carports begünstigen den Brandüberschlag.
- Es entwickeln sich enorm große Rauchgas- und Wärmemengen.
- Es können sich explosionsfähige Gasgemische bilden.
- Der Abzug von Wärme und Rauchgasen ist im benötigten Umfang nicht realisierbar.



Bild 5 / Motorraum Dieselantrieb

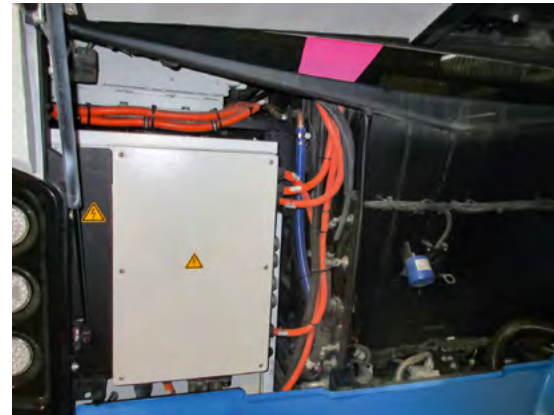


Bild 6 / Motorraum Elektroantrieb

Innenraummaterialien, die zum Teil leicht entzündlich sind. Durch den Elektroantrieb verändern sich weder diese Materialien noch die Brandlasten. Allerdings ist der Elektromotor wesentlich weniger anfällig für Brände als der Motorraum von dieselnbetriebenen Bussen, weil sowohl die heißen Abgase als auch viele Zusatzaggregate entfallen, die einen Brand auslösen oder begünstigen können.

Neu einzuschätzen ist allerdings die Brandgefahr, die vom batteriebetriebenen Antrieb eines Busses und der Ladeinfrastruktur ausgeht. Die Elektrobusse verfügen über Lithium-Akkumulatoren, die eine andere Brandgefahr bedeuten können und dementsprechend überwacht werden müssen. Die **Bilder 5 und 6** vermitteln einen Eindruck vom unterschiedlichen Aufbau und Platzbedarf eines Diesel- und eines Elektromotors.

### Numerische Simulation durch die BAM

Die numerische Simulation des Busdepotbrandes von Bottrop nach ca. 300 Sekunden ist in der Richtlinie 0825 aufgenommen, um die exponentielle Ausbreitungsgeschwindigkeit visuell darzustellen. Die Halle ist komplett verraucht und steht nach zehn Minuten im Vollbrand. Daher muss bei einem Busbrand in einer vollgestellten Busabstellhalle grundsätzlich von

dem Verlust des Brandabschnittes inklusive aller dort untergebrachten Busse gerechnet werden (**Bild 4**).

Dieses Szenario ist daher für die Diskussion von Brandschutzmaßnahmen bei der Umgestaltung der Betriebshöfe auf E-Mobilität zu berücksichtigen. Ein wesentlicher Punkt beim Vergleich zwischen dieselnbetriebenen Bussen und Bussen mit Elektroantrieb ist das unveränderte Brandverhalten der

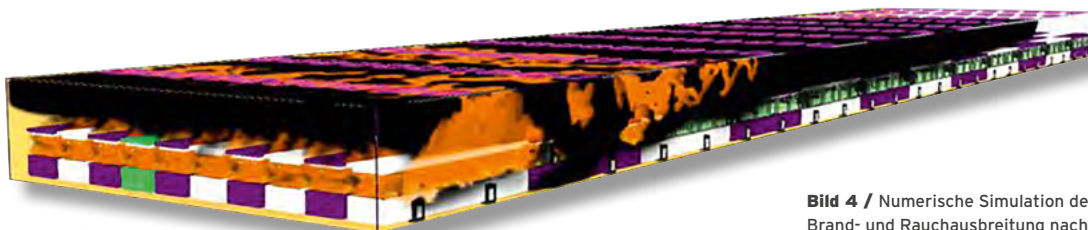


Bild 4 / Numerische Simulation des Brandes in einem Busdepot - Brand- und Rauchausbreitung nach ca. 300 Sekunden: Die Halle ist komplett verraucht und steht nach 10 Minuten (!) im Vollbrand.

## Neue Risiken: Batterien und Ladeinfrastruktur

Bisher stand das Risiko eines Busbrandes ausgehend vom Motorraum im Vordergrund, der dann auf die eng abgestellten Busse in den Abstellhallen übergreifen kann. Durch die Umrüstung auf Elektroantrieb sind die Gefahren neu zu bewerten. Sowohl aus Schadenereignissen wie auch durch Simulationen von Busbränden ist bekannt, wie gefährlich diese sind.

Entscheidend für einen sicheren Betrieb von Batterien dieser Größenordnung ist das Batteriemanagementsystem (BMS). Bei einem Verbund mehrerer Zellen in Reihe zur Erzielung einer höheren elektrischen Spannung müssen zum Ausgleich der Toleranzen in der Kapazität zwischen den Zellen zusätzliche Maßnahmen in Form eines Balancers (zum Ausgleich der Ladespannung zwischen den einzelnen Akkuzellen) vorgesehen werden. Interne Schutzschaltungen oder Batteriemanagementsysteme (BMS) mit Temperatursensoren, Spannungsüberwachung und Sicherheitsabschaltungen sollen bei Überladung oder Überlastung eine Erhitzung bzw. Entzündung verhindern (**Grafik 1**).

In der Batterieentwicklung sind weiterhin große Veränderungen erkennbar. Daher ist es nicht möglich und auch nicht sinnvoll, jeden Batterietyp zu beschreiben und auf die spezifischen Gefahren einzugehen. Allerdings können einige grundsätzliche Aussagen getroffen werden, die die Gefahren beschreiben und welche Verhaltensregeln für die Aufstellung einer Gefährdungsanalyse zu beachten sind.

### Es ist von Folgendem auszugehen:

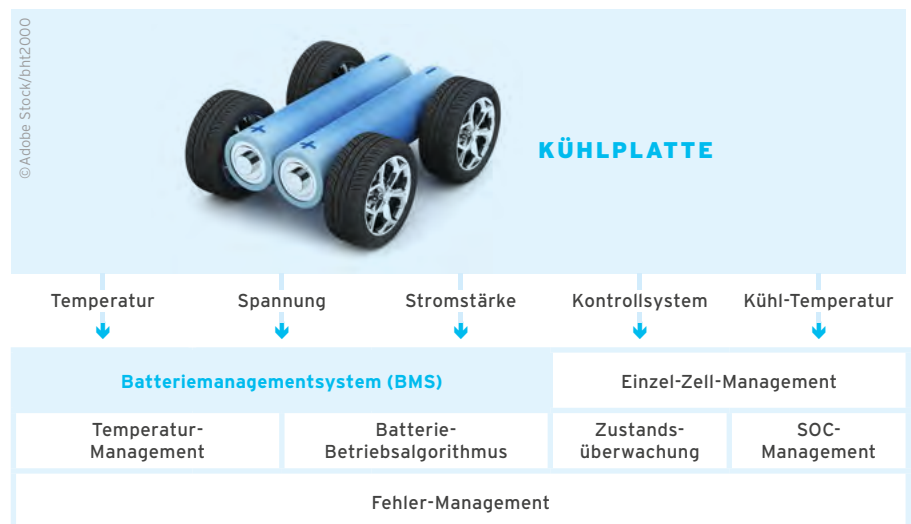
1. Die Energiedichte einer Batterie wird weiter zunehmen.
2. Eine Brand-/Rauch-Detektion außerhalb der Batterie/des Fahrzeugs wird sehr wahrscheinlich keinen nennenswerten Einfluss auf die Eingriffsmöglichkeiten durch Mitarbeiter/Einsatzkräfte haben.
3. Ein Batteriemanagementsystem (BMS) ist notwendig, um frühzeitig kritische Sicherheitszustände der Batterie zu erkennen.

4. Die Auswertung mehrerer Signale hinsichtlich des Batteriezustandes muss analysiert werden und eine Meldung über die Schnittstelle des BMS/LMS (Lademanagement) an eine Leitstelle sollte erfolgen. Eine Überwachung außerhalb der Lade-phase ist zu prüfen.
5. Die Qualität der Batterie ist entscheidend sowohl für ein Brandereignis innerhalb der Zellen als auch für die Brandausbreitungen außerhalb der Batterie. Die Akkus befinden sich bei aktuellen E-Bussen in einem Blechgehäuse (Schutz gegen Beflammung nach ECE R 100.3). Eine Zugriffsmöglichkeit von außen ist hier aufgrund der Einhausung und des Ortes der Verbauung (auf dem Dach oder auch Boden) nicht möglich und auch nicht zielführend.
6. Ein beginnender Thermal Runaway in einer Li-Zelle ist nicht zu stoppen und man muss mit einem Verlust der gesamten Batterie und damit auch des E-Busses rechnen. Durch den Aufbau der Batteriemodule ist allerdings eine Kühlung kaum möglich,

da das Kühl-/Löschwasser durch den verschachtelten Aufbau so gut wie nicht an die Wärmequelle herangeführt werden kann.

7. Bei einem Brand in einem vollbesetzten Busdepot haben die Einsatzkräfte in der Regel kaum Möglichkeiten, an den Brandherd heranzukommen.
8. Die Gas-/Rauchentwicklung kann je nach Batterietyp bis 100.000 Liter pro Modul betragen. Daher ist für die Einsatzkräfte umluftunabhängiger Atemschutz notwendig.
9. Die Auswirkungen eines Brandes von den Bussen in einem Depot ist durch den hohen Anteil an Kunststoffen durch eine sehr große Rauchentwicklung und Temperaturen > 1000 °C gekennzeichnet. Allein dadurch sind die Umweltauswirkungen durch die starke Verrauchung zu berücksichtigen. Darüber hinausgehende Umweltschäden sind durch die Inhaltsstoffe aus den Batterien, wie sich aus den Erfahrungen der letzten Depotbrände in Deutschland zeigte, eher vernachlässigbar. ▶

Grafik 1 / Übersicht über die Funktionen eines Batteriemanagementsystems



Funktionen des Batteriemanagementsystems u. a.	
<b>SOC</b>	State of Charge   Steuerung und Überwachung des Be- und Entladens
<b>SOH</b>	State of Health, Balancing-Funktion   Schutz vor Über- und Tiefenentladung der Zellen Überladung → Thermal Runaway → Brand und Explosion
<b>DOD</b>	Depth of Discharge   Entladetiefe Thermomanagement   Kaltstartverhalten

Quelle: „Kompendium: Li-Ionen-Batterien“, www.dke.de

## Batteriemanagementsystem

Die physikalischen Vorgänge in einer Batterie sind mittlerweile gut verstanden und lassen sich durch Sensoren, Temperatur, Spannung, Druck etc. messen und gut detektieren. Wichtig dabei ist die Messung jeder Zelle. Darin spiegelt sich auch die Qualität der Batterien wider.

Chemisch ist das Verhalten der Zellen sehr viel schwieriger vorherzusagen. Daher kann man einen Thermal Runaway kaum vorhersagen. Umso wichtiger ist es daher, über das BMA eine ständige Information über das Verhalten der Batterie zu erhalten.

Herausfordernd ist hierbei die Schnittstelle des BMS zum Lademanagement und Betriebsmanagement, damit die Verkehrsleitstellen eine ständige Zustandsanzeige der Batterien erhalten. Mit dieser Kommunikationsmöglichkeit kann der Batteriezustand online sowohl über das Leitsystem als auch vom Hersteller überwacht werden. Werden kritische Zustände erreicht, können Leitwarte und auch Hersteller Maßnahmen einleiten.

Ein besonderes Risiko stellen verunfallte Elektrobusse dar. Eine Beschädigung der Batterie ist nicht immer äußerlich erkennbar. Auch nach längerer Zeit kann sich aus dem internen Defekt noch ein Brand entwickeln. Daher dürfen Busse, die in einen Unfall verwickelt worden sind, nicht einfach in die Abstellhallen oder ohne Prüfung in die Werkstatt

gefahren werden. Es empfiehlt sich, einen Abstellplatz im Freien, mit ausreichendem Sicherheitsabstand von Gebäuden, einzurichten. Darüber hinaus ist ein Havarie-Management-Konzept (betriebs sicheres Abstellen von Bussen) mit dem Hersteller zu entwickeln.

Ohne das BMS ist ein Thermal Runaway nicht erkennbar. Daher sind Brandmeldesysteme außerhalb der Batterie für einen Busbrand viel zu träge und nicht effektiv. Allerdings sind BMA sowohl für den Betreiber als auch für den Versicherer wichtig. Einerseits werden auch Nebenräume überwacht (Büros, Werkstatt, Sozialräume etc.), andererseits ist im Schadenfall die Auswertung der Daten wichtig, um schnell die Brandursache zu identifizieren, damit der Brandort freigegeben werden und der Versicherer Zahlungen vorbereiten kann, damit der Aufbau zügig gestartet werden kann.

## Ladeinfrastruktur

Bei der Modernisierung der Busflotte darf die Erneuerung der elektrischen Anlagen nicht vergessen werden. In der Regel entsprechen weder Leitungsquerschnitte noch Verteiler den hohen Leistungsanforderungen der Ladeinfrastruktur. Besonders wenn der Bestand an Elektrobussen wächst, führt kein Weg an einem Lastmanagement vorbei.

Da die Energieversorgung eine zentrale Rolle im Betrieb der Elektrofahrzeuge einnimmt, kommt der Wartung und Prüfung der Anlagen eine noch höhere Bedeutung zu.

Hier empfiehlt sich eine regelmäßige Prüfung und Thermografie der elektrischen Anlage durch einen VdS-anerkannten Sachverständigen. Im Zuge der Umstellung auf Elektroantrieb wird die hohe Verfügbarkeit eine Grundvoraussetzung für den modernen Busbetrieb sein. Daher empfiehlt es sich, vorausschauend die eigenen Elektrofachkräfte weiter zu schulen und zu entwickeln (**Bild 7**).

Die thermische Überwachung der Schaltanlagen mit Aufschaltung auf das Betriebsmanagement ist notwendig. Im Moment fehlen standardisierte Schnittstellen für die Kommunikation zwischen BMS - Ladeinfrastruktur - und Lade- und Betriebsmanagement. Die Schnittstelle zwischen dem Betriebsmanagement ist in der VDV-Schrift 463 (Schnittstelle zum Lademanagementsystem) bereits geregelt (**Grafik 2**). Da die Busse in der Regel manufakturerisch hergestellt werden, ist eine Standardisierung der Schnittstellen die große Herausforderung für die Busbetreiber.

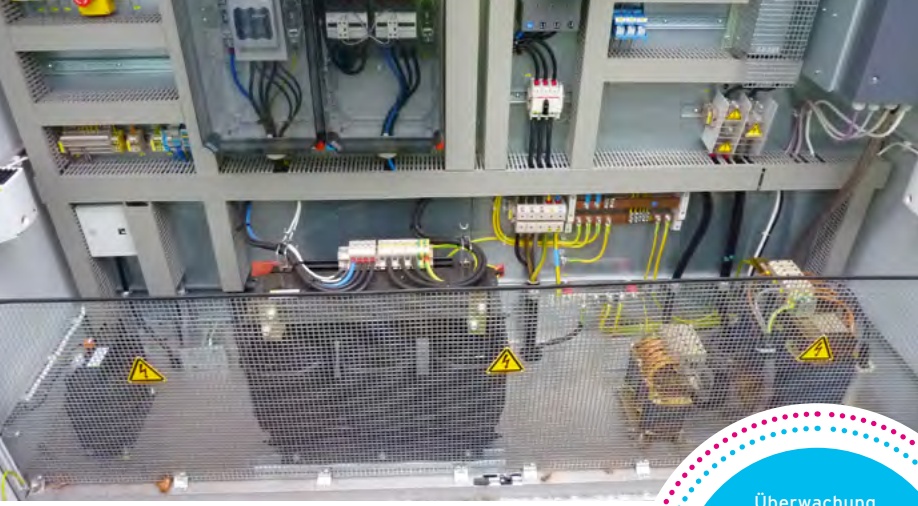
## Schutz von Ladeeinrichtungen

Sofern Schnellladeeinrichtungen an zentralen Punkten im Stadtgebiet vorgesehen sind, müssen Trafostationen mit der Netzeinspeisung durch das Mittelspannungsnetz gebaut werden. Die Mittelspannung muss dann über die Gleichrichtung für die Busbatterien umgeformt werden. Sowohl für die Trafostation als auch für die Schnellladeeinrichtung sind besondere Blitz-/Überspannungsschutzgeräte vorzusehen.

Dies ist auch für das Business Continuity Management notwendig. Hierbei werden proaktiv kritische Ausfälle untersucht, um zu untersuchen, welche Pläne für die Reduzierung der negativen Ausfälle entwickelt werden müssen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der ÖPNV als kritische Infrastruktur einzustufen ist. Eine Zerstörung des Betriebshofes dürfte erhebliche Auswirkungen für den öffentlichen Nahverkehr wie Schul- und Berufsverkehr haben. Die Ausweichmöglichkeiten im Schadenfall sind durch die hohe technische Diversität der einzelnen Busbetriebe sehr eingeschränkt (**Bild 8 + Grafik 2**).

**Bild 7 /** Schaltschränke für die Ladeinfrastruktur der Firma Schaltbau





**Bild 8 /** Aufbau der Trafostationen und NSHV für die Ladeinfrastruktur am Betriebshof Münster

### Wichtiger Baustein zur Absicherung der Abstellhallen: Baulicher Brandschutz

Wie gut auch die nachträgliche Bildung von Trennwänden in den Abstellhallen helfen kann, das Feuer zu begrenzen, zeigt der Fall der ÜSTRA in Hannover. Dort wurde aufgrund der Brandschutzberatung des öffentlichen Versicherers die Halle in drei (Brand-)Abschnitte unterteilt. Obwohl die Trennwände nicht über Dach geführt wurden, wurde nur ein Drittel der Halle vom Brand erfasst. Ohne die nachträglich eingebauten Trennwände hätte man sehr wahrscheinlich mit dem gesamten Verlust der Busflotte und der Abstellhalle rechnen müssen. Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig die bauliche Begrenzung in den bestehenden Abstellhallen zur Risikominimierung ist. Aber auch für Freiabstellungen kommt man ohne baulichen Schutz nicht umhin, wenn man nicht seine ganze Busflotte verlieren will (**Bild 3**).

### Anlagentechnischer Brandschutz

Brandmeldeanlagen mit Aufschaltung auf die Kreisleitstelle bieten für die Feuerwehr aufgrund der sehr schnellen Brandausbreitung keinen Vorteil. Für



**Bild 9 /** Gasdetektoren für Wasserstoff in der Werkstatt

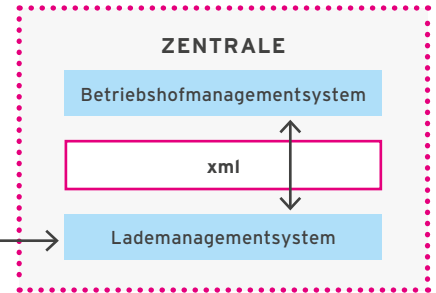
den Betreiber und Versicherer ist eine BMA für Rückschlüsse auf Schadenursachen notwendig, wie bereits beschrieben. Nach den bisherigen Schadenerfahrungen ist bei einem Brand von einem Totalverlust des Brandabschnittes auszugehen. Dass mit einer Brandbekämpfungsanlage eine Brandausbreitung zwischen Bussen in der üblichen verdichteten Abstellweise zuverlässig verhindert werden kann, ist nach dem heutigen Stand der Technik wahrscheinlich nicht möglich (**Bild 9**).

### ▲ Fazit

Bisher gab es keine Publikation zum Brandschutz in Busbetriebshöfen in Neubauten (auch mehrgeschossig) bei der Umstellung der Linienbusflotten auf alternative Antriebe, für die Überwachung der Batterien über das Batteriemanagementsystem sowie den Aufbau von Ladeinfrastruktur. Daher eignet sich die Richtlinie sehr gut für die zukünftigen Anpassungen in den Bus-Betriebshöfen, da alle Verkehrsbetriebe im ÖPNV in den nächsten Jahren massiv in die Elektrobusse investieren werden. Umso wichtiger ist, dass alle am Bau und an der Umstellung von Busbetriebshöfen interessierten Kreise diese Richtlinie kennen.

#### Sie richtet sich vornehmlich an:

- Betreiber von Betriebshöfen
- Planer
- Brandschutzdienststellen
- Brandschutzingenieure
- Versicherer



**Grafik 2 /** Schema der Schnittstellen zwischen dem Betriebshof-/Lademanagement und der Überwachung der Ladeinfrastruktur und des Batteriemanagements

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Richtlinien fehlten die erforderlichen Nachweise, die auf Basis von Brandversuchen erbracht werden. Ein Schutzziel für einen Brandabschnitt in Hallenbereichen mit Bussen, Abstellanlagen, Werkstätten etc. ist der Schutz der Gebäudestrukturen vor thermischen Einwirkungen. Ohne die Kühlung durch eine automatische Brandbekämpfungsanlage ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einem Totalverlust des Brandabschnitts zu rechnen. In mehrgeschossigen Abstellanlagen ist, ohne eine flächendeckende stationäre Brandbekämpfungsanlage, im Brandfall von einem Versagen der Statik des Gebäudes auszugehen.

Mit Hilfe der VdS-Richtlinie werden diese Themenkomplexe erörtert und Maßnahmen diskutiert bzw. empfohlen. Hierbei wurde das Expertenwissen aus den beteiligten Kreisen einbezogen. Ein weiteres Plus bei der Erstellung der Richtlinie war die enge Verzahnung des VdV mit dem GDV. So konnte neben der Richtlinie bereits während des Konsultationsverfahrens mit dem VdS eine Fachtagung für den 02./03. Mai konzipiert werden. Weiterhin wird für die Brandschutzbeauftragten der Verkehrsbetriebe ein Schulungskonzept zusammen vom VdS und VdV angeboten. Mit der Richtlinie 0825 und diesem Schulungsangebot besteht ein in sich abgestimmtes Konzept zur Verbesserung des Brandschutzes der Betriebshöfe für die Umstellung auf die E-Mobilität. ▲

Dr. Georg Scholzen, Risikoingenieur Hauptabteilung Risk Engineering im Provinzial Konzern, Münster