

Brandschutz in Betriebshöfen für Linienbusse



Zusammenfassung

Diese Publikation enthält Hinweise zur Vermeidung von Bränden und Reduzierung deren Auswirkungen auf Betriebshöfe, unabhängig von der Antriebsart.

Diese Publikation enthält auch Hinweise für die Planung, Installation und den sicheren Betrieb der elektrischen Einrichtungen zum Laden von Bussen.

Zur Vermeidung von Bränden und deren Auswirkungen werden bauliche, anlagentechnische und organisatorische Schutzmaßnahmen und Präventionsmöglichkeiten beschrieben.

Die Publikation richtet sich insbesondere an Betreiber von Betriebshöfen, Planer, Brandschutzdienststellen und Brandschutzingenieure sowie Versicherer.

Die alternativen Antriebsarten*) stellen für Busbetriebshöfe neue Risiken dar, die im Schutzkonzept berücksichtigt werden müssen.

Diese Publikation beschreibt, welche Komponenten und möglichen Gefahren (z. B. Batterie, Ladeinfrastruktur, Wasserstoff und Tankinfrastruktur) hier beachtet werden müssen, welches Brandrisiko von ihnen ausgeht, wie sie sich in einem bereits brennenden Umfeld verhalten und durch welches Eingreifen von Brandbekämpfungseinrichtungen bzw. Hilfskräften Schäden vermindert werden können.

Eine besondere Erläuterung der allgemeinen Brandschutzmaßnahmen erfolgt nicht. Diese sind z. B. in der GDV-Publikation zur Schadenverhütung VdS 2000 "Brandschutz im Betrieb" umfassend aufgezeigt.

Die Publikation wurde erstellt vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV – www.gdv.de) und dem Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV – www.vdv.de) in Zusammenarbeit mit:

- Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland (AGBF) und Deutscher Feuerwehrverband (DFV)
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
- Fachbereich Feuerwehren Hilfeleistungen Brandschutz (FB FHB) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb)

*) Bezieht sich auf saubere Fahrzeuge gemäß der europäischen "Clean Vehicle Directive" und ihrer Umsetzung ins deutsche Recht, dem "Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge" (Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz – SaubFahrzBeschG).

Quelle Titelbilder:

- Foto oben links: Stadtwerke Münster
- Foto unten links: Georg Scholzen
- Foto oben rechts: ÜSTRA, Hannover
- Foto unten rechts: Wolfram Steinberg / picture alliance

Die vorliegende Publikation ist unverbindlich. Die Versicherer können im Einzelfall auch andere Sicherheitsvorkehrungen oder Installateur- oder Wartungsunternehmen zu nach eigenem Ermessen festgelegten Konditionen akzeptieren, die diesen technischen Spezifikationen oder Richtlinien nicht entsprechen.

Brandschutz in Betriebshöfen für Linienbusse

Inhalt

Zusammenfassung	2
1 Vorbemerkungen	4
2 Anwendungsbereich	4
3 Begriffe und Abkürzungen	4
4 Risiken	5
4.1 Erkenntnisse zur Brandausbreitung in Busbetriebshöfen.....	6
4.2 Unterschiede zwischen Diesel angetriebenen und elektrisch angetriebenen Bussen	6
4.3 Brandlast	6
4.4 Betriebsunterbrechung durch Ausfall des ÖPNV	7
4.5 Business Continuity Management/Notfallprogramm/Notfahrpläne	7
4.6 Grundsätzliches zur Anpassung der Betriebshöfe an die neuen Herausforderungen	7
4.7 Typische Brandursachen bei Bussen	8
5 Batterie und Wasserstoff	8
5.1 Erfahrungen aus Brandschäden und Batterieaufbau bei Bussen	8
5.2 Gasbusse (CNG).....	9
5.3 Wasserstoff.....	9
6 Ladeinfrastruktur in einem Betriebshof	9
6.1 Lademanagementsysteme	10
6.2 Provisorien.....	10
6.3 Überwachung von Anlagen der Ladeinfrastruktur	10
6.4 Werkstattbereiche	11
7 Brandschutzmaßnahmen	11
7.1 Baulicher Brandschutz	11
7.2 Anlagentechnischer Brandschutz	13
7.3 Abwehrender Brandschutz	14
7.4 Betrieblich organisatorischer Brandschutz	15

1 Vorbemerkungen

Brände in Betriebshöfen für Linienbusse haben Versicherer und die Verkehrsunternehmen veranlasst, gemeinsam die vorliegende Publikation zum Brandschutz in Betriebshöfen zu erstellen. Die Hinweise sollen eine praxisnahe Hilfestellung für den Brandschutz geben. Die Schadenerfahrungen haben die Grenzen herkömmlicher Brandschutzkonzepte in solchen Betriebshöfen aufgezeigt: Nicht alle sonst üblichen Brandschutzmaßnahmen können hier wirksam und sinnvoll eingesetzt werden.

Die einzelnen Maßnahmen sind differenziert – auch je nach Schutzziel – immer in einem individuellen Brandschutzkonzept festzulegen.

Es wird empfohlen, den Versicherer bereits in der Konzeptionierungsphase einzubinden. Für die Planung und Umsetzung von Brandschutzmaßnahmen wie auch bei der Planung von Neu- und Umbauten sind die Erkenntnisse aus Schäden zu berücksichtigen.

Für ein Schutzkonzept für Bus-Betriebshöfe stellen die alternativen Antriebsarten neue Risiken dar. In dieser Publikation wird beschrieben, welche Komponenten hierfür neu berücksichtigt werden müssen und welches Brandrisiko von ihnen ausgeht. Betrachtet wird auch, wie in einem bereits brennenden Umfeld das Eingreifen von Hilfskräften und /oder Löschtechniken das Risiko oder den Schaden vermindern können.

Die vorliegende Publikation gibt Hinweise zur Schadenverhütung insbesondere aus Sicht der Sachversicherung.

2 Anwendungsbereich

Die Hinweise gelten grundsätzlich für neu zu errichtende Betriebshöfe sowie für Umbauten und Modernisierungsmaßnahmen in bestehenden Betriebshöfen unter Berücksichtigung der spezifischen Brandschutzanforderungen. Bestehende Betriebe sollten ihre Brandschutzmaßnahmen im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten diesen Hinweisen anpassen. Insbesondere bei der Umstellung auf alternative Antriebsarten ist der Brandschutz zu prüfen und anzupassen. Die beschriebenen Maßnahmen zur Schadenverhütung können auch zur Verbesserung des Brandschutzes in Betrieben mit Überland- bzw. Reisebussen umgesetzt werden.

Neben den dieselbetriebenen Bussen muss bei den alternativ betriebenen Bussen auch die Lade- bzw. Tankinfrastruktur berücksichtigt werden. In der Regel muss der Betrieb von Busbetriebshöfen bei der Umstellung von dieselbetriebenen Bussen auf Elektrobusse und/oder Brennstoffzellenbusse komplett neu gedacht und erfahrungsgemäß angepasst und ggf. auch umgebaut werden.

Gesetzliche Vorschriften und behördliche Auflagen, z. B. von Baubehörden, Gewerbeaufsichtsamtern und Gesetzlichen Unfallversicherungsträgern (UVT), sowie einzelvertragliche Regelungen mit dem Versicherer bleiben von diesen Hinweisen unberührt. Die Anwendung dieser Publikation entbindet nicht von der Beachtung der einschlägigen Normen oder sonstiger technischer Regeln. Dort, wo Hinweise gegeben werden, dienen diese der Erläuterung, erheben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dies betrifft auch die Maßnahmen zum Explosionsschutz wie auch dem Arbeits- und Gesundheitsschutz.

3 Begriffe und Abkürzungen

Betriebshof: Diese Bezeichnung wird in diesem Dokument als Oberbegriff für sämtliche Gebäude eines ÖPNV-Unternehmens verwendet, die sich an einem Ort befinden. Hierzu zählen z. B. die Abstellanlagen/-bereiche (Abstellhallen, Carports, Freiabstellflächen), Werkstätten, Gebäude zur Betriebsbereitmachung (Tank- und Waschanlagen), Werkstatt- und Fahrerverwaltung, Sozialräume, Kantine, Parkplätze/Parkhäuser, Ladeinfrastruktur, Lager, Ver- und Entsorgungsbereiche, Verkehrswege.

Batterie: Die Bezeichnung Batterie wird hier auch für wiederaufladbare Batterien (Akkus) verwendet. Eine Unterscheidung zwischen Batterien und Akkus wird der Einfachheit halber nicht vorgenommen.

CNG: CNG steht für Compressed Natural Gas. CNG ist stark verdichtetes (bis 200 bar), aber nach wie vor gasförmiges Erdgas.

ATEX-Richtlinie: ATEX bezeichnet die Richtlinie für den Explosionsschutz. ATEX ist die Abkürzung der französischen Bezeichnung für explosionsfähige Atmosphären, „atmosphères explosibles“.

Havariefläche: Eine Havariefläche ist dazu bestimmt, einen Bus mit einer potenziell beschädigten Lithium-Ionen-Batterie abzustellen.

4 Risiken

Typische Risiken bei Busbränden sind:

- extrem hohe Brandlasten
- sehr schnelle Brandausbreitung
- große Rauchmengen in kurzer Zeit
- Freisetzung großer Wärmemengen
- rascher Temperaturanstieg
- Temperaturen von über 1.000 °C
- Feuerübersprünge auch über größere Distanzen

Beeindruckende Brände von Busbetriebshöfen im Zeitraum 2007 bis 2022 gab es in den Städten Bielefeld, Bottrop, Burghausen, Darmstadt, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Heidelberg, Mannheim, München, Pforzheim, Salzgitter, Springe, Stuttgart.

Die folgenden Bilder zeigen die Simulation der raschen Ausbreitung von Feuer und Rauch des realen

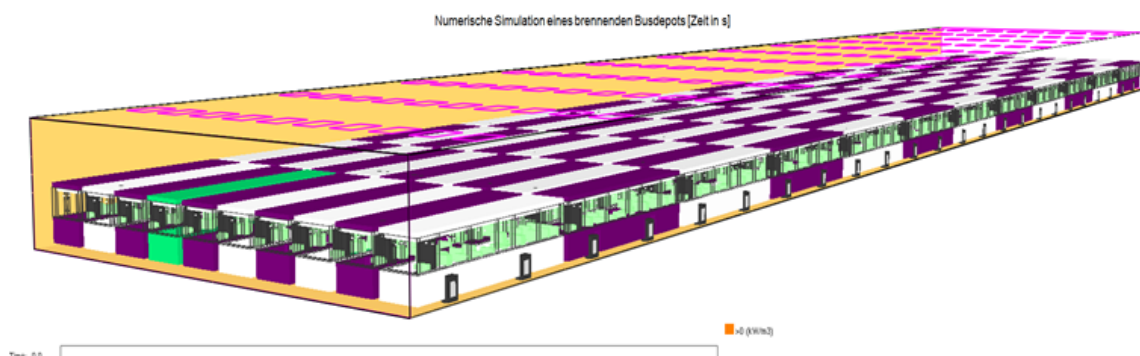
Brandes in einem Busbetriebshof; die Simulation gibt das Brandszenario im zeitlichen Ablauf wieder.



Bild 4-1: Brand in einer Freiabstellung (Foto: Feuerwehr Velbert)

Numerische Simulation des Brandes

Der Vergleich der Simulation mit einer Videoaufzeichnung des Busdepot-Brandes stimmt sehr gut mit dem zeitlichen Verlauf der tatsächlichen Rauch- und Brandausbreitung überein.



Numerische Simulation des Brandes

Brand- und Rauchausbreitung nach ca. 300 Sekunden:
Die Halle ist komplett verraucht und steht nach 10 Minuten (!) im Vollbrand.

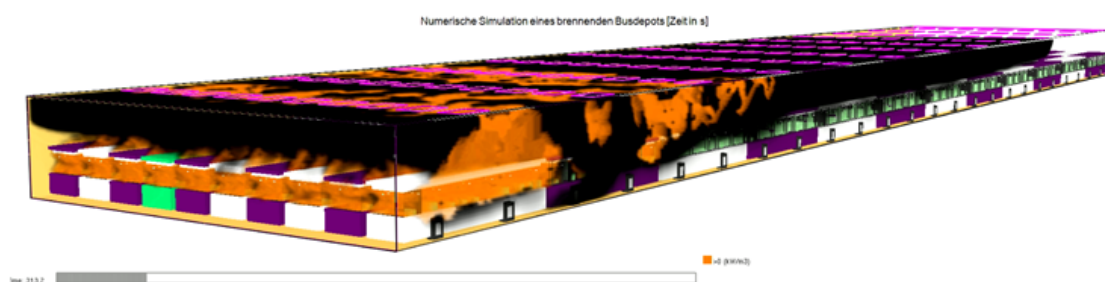


Bild 4-2: Nachzeichnung eines realen Brandes durch Brandsimulation (Quelle BAM/WP)

4.1 Erkenntnisse zur Brandausbreitung in Busbetriebshöfen

Die Zwischenräume zwischen den abgestellten Bussen in den Abstellanlagen sind sehr eng – i. d. R. kleiner 1 Meter; die Mindestverkehrswegbreite gemäß der Arbeitsstättenrichtlinie ASR 1.8 "Verkehrswege" beträgt 0,9 Meter.

Die Brandausbreitung in einem Bus bis zum Vollbrand kann sich innerhalb kürzester Zeit (ca. 2–3 Minuten) vollziehen.

Der Feuerüberschlag zu den benachbarten Bussen geschieht ohne große Zeitverzögerung durch die starke Wärmestrahlung, sodass bei dicht abgestellten Bussen diese in kürzester Zeit ebenfalls in Vollbrand stehen können. Hallen und Carports begünstigen den Feuerüberschlag.

Der Abzug von Wärme und Rauchgasen ist im benötigten Umfang nicht realisierbar.

Fazit: Durch die typischerweise eng abgestellten Busse in einem Betriebshof ist bei einem Brandausbruch mit einem Totalverlust aller Fahrzeuge einschließlich der Halle zu rechnen. Berechnungen aus der Simulation zeigten, dass die Vergrößerung der Rauchabzugsflächen keinen Einfluss auf die Rauch- und Wärmeabfuhr hatte.

Hinweis zur Freiabstellung: Wie Brandereignisse gezeigt haben, sind selbst bei Abständen von deutlich mehr als 5 Meter Brandüberschläge möglich.

4.2 Unterschiede zwischen Diesel angetriebenen und elektrisch angetriebenen Bussen

Die häufigsten Brandursachen bei Dieselnissen sind im Motorraum und den dort befindlichen Aggregaten zu finden. Bei Elektrobussen können die Batterien selbst ein besonderes Brandverhalten haben, gleichzeitig entfallen aber die Brandrisiken

durch den Dieselantrieb, das Abgasnachbehandlungssystem und verschiedene Nebenaggregate.

Bei den Elektrobussen sind als mögliche Brandursachen die Batterien und die Ladeinfrastruktur kritisch zu beleuchten. Spezifische Risiken gehen bei Elektrobussen von der Elektroinstallation im Betriebshof (Ladeinfrastruktur) und von den im Fahrzeug befindlichen Batteriesystemen aus. Bei Brennstoffzellenbussen sind zudem die Gefahren durch den Wasserstoff zu berücksichtigen.

Die Schadenerfahrungen zeigen bisher keine höheren Brandwahrscheinlichkeiten bei Elektrobussen gegenüber Dieselnissen. Daneben hat sich bisher gezeigt, dass die Brände der Dieselnisse primär im Fahrbetrieb aufgetreten sind. Bei Elektrobussen ist davon auszugehen, dass die Brandgefahr im Ladebetrieb am größten ist.

4.3 Brandlast

Die Brandlast von Bussen ist durch die Innenraummaterialien extrem hoch und in der Regel durch die Karosserie von Löschmitteln (z. B. aus einer Sprinkleranlage) von außen nicht zu erreichen.

Die Brandlast von Dieselnissen und E-Bussen sind in etwa vergleichbar.

Eine Verringerung der Brandlast ist auch zukünftig wenig wahrscheinlich. Die Verwendung von Kunststoffen und damit auch die Brandlast werden weiter steigen (Leichtbau, Seitenwände aus Kunststoff usw.).

Eine Reduktion der hohen Brandlast durch Businnenraummaterialien wäre durch eine Anpassung der internationalen Vorschriften für das Brandverhalten von Businnenraummaterialien möglich. Die Anforderungen an Businnenraummaterialien sind auf einem niedrigeren Niveau als die Anforderungen an Innenraummaterialien in den anderen Transportsektoren wie Schienenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen.

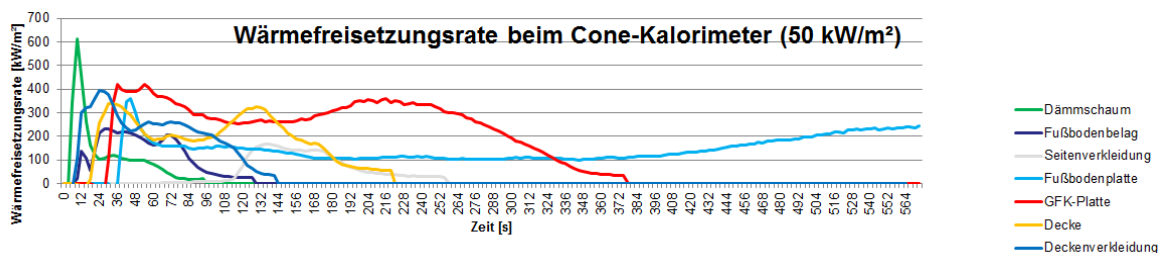


Bild 4-3: Wärmefreisetzung von Innenraummaterialien (Quelle: BAM)

Das Brandverhalten von Bussen wird deutlich durch die verwendeten Innenraummaterialien beeinflusst. Durch den Elektroantrieb verändern sich weder die Innenraummaterialien noch die Brandlasten, sofern die Traktionsbatterie nicht aktiv am Brandgeschehen teilnimmt.

4.4 Betriebsunterbrechung durch Ausfall des ÖPNV

Neben dem Schutz des Betriebshofs und der darin befindlichen Busse sind Störungen oder Ausfälle des Verkehrsbetriebs als zusätzliches Risiko zu berücksichtigen. Der ÖPNV ist als „kritische Infrastruktur“ eingestuft. Der Ausfall von einer großen Anzahl von Bussen bei der Zerstörung eines Busbetriebshofs kann erhebliche Auswirkungen für den öffentlichen Nahverkehr haben, insbesondere für den Schul- und Berufsverkehr. Die sogenannten Ausweichmöglichkeiten im Schadenfall sind durch die zunehmende Spezialisierung und die hohe technische Diversität der einzelnen ÖPNV-Anbieter sehr eingeschränkt.

Ein wesentliches Schutzziel ist daher die Minimierung von Betriebsausfällen durch Brände in einem Busbetriebshof.

Für den Brandschutz in Betriebshöfen sind zum einen die Schutzziele aus dem Baurecht sicherzustellen:

- Der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) soll vorgebeugt werden.
- Bei einem Brand sollen die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten ermöglicht werden.

Zum anderen sind die Interessen der Betreiber und Nutzenden zu berücksichtigen:

- die Vermeidung von Sachschäden
- die Minimierung von Betriebsausfällen

Dass die Brandschutzmaßnahmen aus den öffentlich-rechtlichen Vorschriften zur Vermeidung derartiger Auswirkungen in einem Betriebshof nicht ausreichen, zeigen die Schadenerfahrungen. Zur Verhinderung oder zumindest Minimierung der Sachschäden und daraus resultierender Betriebsausfälle können daher Brandschutzmaßnahmen notwendig sein, die über die Maßnahmen zur Erfüllung der baurechtlichen Schutzziele hinausgehen.

4.5 Business Continuity Management/ Notfallprogramm/Notfahrpläne

Ziel des Business Continuity Management (BCM) ist es, Ausfälle kritischer Abläufe und Ressourcen proaktiv zu untersuchen sowie realistische Strategien und konkrete Pläne für die Reduzierung der negativen Auswirkungen zu entwickeln. Es geht beim BCM also nicht um die Verhinderung von physischen Ausfällen, sondern um die Schaffung von Maßnahmen für den Fall, dass die Beeinträchtigung der Geschäftstätigkeit nicht mehr vermieden werden kann.

Für die kritischen Ressourcen in einem Unternehmen werden im BCM Notfallpläne oder auch Geschäftsfortführungspläne, die sog. Business-Continuity-Pläne (BCP) erarbeitet, getestet und regelmäßig überprüft. Hierdurch werden bei Ausfall kritischer Ressourcen ein geordneter Notbetrieb und im Anschluss eine strukturierte Wiederherstellung des Normalbetriebs sichergestellt.

Ein funktionierendes BCM führt damit zu einer Verringerung des Schadensmaßes und verkürzt die Dauer der Beeinträchtigung des Unternehmens. Es kann darüber hinaus wertvolle Zeit für das strategische Krisenmanagement gewinnen, da man sich im Krisenstab über die zeitkritischen Prozesse keine Gedanken machen muss, sondern stattdessen die Geschäftsfortführungspläne aktiviert.

Hinweis: siehe VdS 3821 „Business Continuity Management – Hinweise für Unternehmen“.

Im ÖPNV-Betrieb ist bei der Analyse der Ausweich- bzw. Kompensationsmöglichkeiten auch ein besonderes Augenmerk auf die Interoperabilität zwischen verschiedenen Betreibern zu legen. Das Zusammenspiel verschiedener Systeme und Techniken sollte grundsätzlich untersucht, in der Praxis probiert und bewertet sowie regelmäßig überprüft werden.

4.6 Grundsätzliches zur Anpassung der Betriebshöfe an die neuen Herausforderungen

Neben dem Schutz der Betriebshöfe und der darin befindlichen Busse sind Störungen oder Ausfälle des Verkehrsbetriebs zu berücksichtigen. Daher muss das Schutzkonzept eine Minimierung von Betriebsausfällen durch Brände in einem Busbetriebshof berücksichtigen.

Neben den dieselbetriebenen Bussen muss bei den alternativ betriebenen Bussen auch die Lade- und Tankinfrastruktur berücksichtigt werden. In der Regel muss der Betrieb von Busbetriebshöfen 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 leistungsfähigere Stromversorgung, neue Werkstattbereiche (mit z. B. Dacharbeitsplätzen, Hochvoltarbeitsplätzen), neue Berufsqualifikationen und vieles mehr. Mit all diesen Veränderungen muss der Betreiber für jeden Arbeitsplatz eine neue Gefährdungsanalyse und -beurteilung durchführen, um die Gefahren zu identifizieren und um Schutzvorkehrungen treffen zu können.

4.7 Typische Brandursachen bei Bussen

Ursachen für Brände von Dieselnissen:

- undichte Einspritzleitungen der Kraftstoffversorgung
- heiß gelaufene Kugellager (Riementrieb)
- Defekte an Abgasnachbehandlungssystemen (Standregeneration)
- Kurzschluss durch mechanische Beschädigungen (z. B. Unfall)
- Defekte am 24-V-Bordnetz
- Defekte an der fossilen Zusatzheizung
- mit Ruß zugesetzte (verkokte) Druckluftleitungen

Ursachen für Brände von Elektrobussen:

- Fertigungsfehler/Isolationsschäden (Separator) in der Batterie
- Kurzschluss in der Batterie durch Alterung bzw. Dendriten
- unsachgemäße Aufladung
- fehlerhafte HV-Verschraubungen
- Defekte am 24-V-Bordnetz
- Defekte an der fossilen Zusatzheizung (falls noch vorhanden)
- Wärmeinwirkung von außen

5 Batterie und Wasserstoff

5.1 Erfahrungen aus Brandschäden und Batterieaufbau bei Bussen

Bei den Batterien findet eine stetige Weiterentwicklung statt. Nach wie vor ist mit großen und auch grundsätzlichen Veränderungen zu rechnen (z. B. Zellchemie). Daher ist es nicht möglich und auch nicht sinnvoll, jeden Batterietyp zu beschrei-

ben und auf die spezifischen Gefahren einzugehen. Allerdings können einige grundsätzliche Aussagen getroffen werden, die die Gefahren beschreiben. Diese sind bei der Aufstellung einer Gefährdungsanalyse aus Sicht des Sachschutzes und ebenso aus Sicht des Arbeitsschutzes für die Gefährdungsbeurteilung zu beachten.

Es ist davon auszugehen, dass:

1. die Energiedichte von Batterien weiter zunehmen wird.
2. eine Brand-/Rauch-Detektion außerhalb der Batterie/des Fahrzeugs sehr wahrscheinlich keinen nennenswerten Einfluss auf die Eingriffsmöglichkeiten im betroffenen Brandabschnitt durch Mitarbeiter/Einsatzkräfte haben wird.
3. eine Weiterentwicklung des Batteriemanagementsystems (BMS) notwendig sein wird, um frühzeitig kritische Sicherheitszustände der Batterie zu erkennen.
4. die Auswertung mehrerer Signale hinsichtlich des Batteriezustandes analysiert werden muss und eine Meldung kritischer Zustände an eine Leitstelle erfolgen soll (z. B. über Batteriemanagementsystem/Lademanagementsystem). Eine Überwachung außerhalb der Ladephase ist grundsätzlich sinnvoll und zu prüfen.
5. die Qualität der Batterie entscheidend ist sowohl für ein Brandereignis innerhalb der Zellen als auch für die Brandausbreitungen außerhalb der Batterie. Die Batterien befinden sich bei aktuellen E-Bussen im Allgemeinen 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 im Boden) nicht möglich und auch nicht zielführend.
6. ein beginnender Thermal Runaway in einer Zelle nicht zu stoppen ist und man mit einem Verlust des gesamten Batteriepacks und damit auch des E-Busses rechnen muss. Durch den Aufbau der Batteriemodule bzw. Batteriepacks 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 mit Bussen vollgestellten Betriebshof in der Regel die Einsatzkräfte kaum Möglichkeiten haben, an den Brandherd heranzukommen.

8. die Gas-/Rauchentwicklung je nach Batterietyp bis 100.000 Liter pro Modul betragen kann. Daher ist für die Einsatzkräfte umluftunabhängiger Atemschutz notwendig.
9. die Auswirkungen eines Brandes von den Bussen in einem Betriebshof durch den hohen Anteil an Kunststoffen durch eine sehr große Rauchentwicklung und Temperaturen > 1.000 °C gekennzeichnet sind. Allein dadurch sind die Umweltauswirkungen durch die starke Verrauchung zu berücksichtigen.

Für den Brandschutz von Bussen ist zwischen den dieselbetriebenen und elektrobetriebenen Antrieben zu unterscheiden.

Für dieselbetriebene Busse ist der Einsatz von Motorraumlöschsystemen bei Neufahrzeugen gesetzlich gefordert – ebenso für die Räume für die fossilen Zusatzheizungen, die auch in elektrobetriebenen Bussen zum Einsatz kommen können (ECE-R 107). Nach den Erfahrungen der Sachversicherer kann für Bestandsbusse eine Nachrüstung sinnvoll sein, um Brände im Motorraum und im Raum für die Zusatzheizung unter Kontrolle bringen zu können. Bei der Auslösung der Löschsyste me erfolgt in der Regel eine Meldung an die fahrzeugführende Person. Sinnvoll ist es, dass eine derartige Meldung auch bei im Betriebshof abgestellten Fahrzeugen erfolgt und z. B. an ein Betriebshofmanagementsystem weitergeleitet wird.

Für elektrobetriebene Busse gibt es für die Batterien bisher kein adäquates wirksames Löschesystem oder Löschmittel. Dementsprechend muss das Batteriemanagementsystem so sensitiv sein, dass es Anomalien rechtzeitig erkennt, um eine Meldung abzusetzen, und bei kritischen Zuständen den Ladevorgang unterbricht. Dazu bedarf es einer Schnittstelle zum Lademanagement des Betriebshofes.

Hinweis: Die VDV-Schriften zu Betriebshofmanagement, Schnittstellen, Lademanagement usw. enthalten hierzu weitere Informationen.

Bei einem brennenden Bus mit einer thermisch reagierenden Batterie ist das Löschen der Batterie nicht möglich. Für einen brennenden Bus ist Wasser ein geeignetes Löschmittel. Gleichwohl kann eine Batterie nicht gelöscht werden, sondern es kann lediglich versucht werden, diese möglichst wirksam zu kühlen. Dies bedeutet, dass die Feuerwehr große Mengen an Löschwasser zur Kühlung der Batterie verwenden muss. Nach derzeitigen Erkenntnissen sollte auf keinen Fall versucht werden, die Batterien zu öffnen, um damit Wasser an

die Zellen zu bringen. Dies würde weitere elektrochemische Reaktionen begünstigen, die zu noch heftigeren thermischen Reaktionen der Batterie führen können. Manipulationen an den Hochvolt-Batterien sind nicht im Einklang mit Unfallverhütungsvorschriften (UVV) zu bringen, sind kontraproduktiv und daher unbedingt zu unterlassen.

5.2 Gasbusse (CNG)

Der Brandschutz von Gasbussen wird hier nicht gesondert betrachtet, da die Brand- und Explosionsgefahren vergleichbar mit denen von Dieselnbussen und Druckgasbehältern sind.

5.3 Wasserstoff

Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsanalyse sind geeignete Maßnahmen festzulegen und umzusetzen. Das können z. B. sein: Wasserstoffsensoren, automatischer Rauch- und Wärmeabzug, Explosionsschutzmaßnahmen (ATEX), explosionsgeschützte elektrische Anlagen, bauliche Maßnahmen, betriebliches Sicherheitskonzept. Jeder Fahrzeugtyp mit Wasserstoff ist immer neu zu beurteilen.

Weitere Hinweise: siehe DGUV Information 209-072 „Wasserstoffsicherheit in Werkstätten“.

6 Ladeinfrastruktur in einem Betriebshof

Für elektrische Infrastrukturen der Energieversorgung sind brandschutztechnisch ggf. getrennte Betriebsräume gemäß Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauVO) erforderlich. Dies betrifft alle Spannungsbereiche und Speichersysteme, die zur Anwendung kommen.

Lithium-Ionen-Speichersysteme (z. B. Grid storage, Second Use) sollten grundsätzlich nur in brandschutztechnisch abgetrennten Räumen betrieben werden.

Schaltgerätekombinationen (Schaltanlagen) sind in brandschutztechnisch getrennten Betriebsräumen („abgeschlossene elektrische Betriebsstätten“ gem. DIN VDE 0100-731) zu betreiben.

Es sind Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen unter der Berücksichtigung von beaufsichtigten wie auch unbeaufsichtigten Ladevorgängen.

Ladeeinrichtungen sind zwingend aufgrund der hohen Leistung fest an die Niederspannungsversorgung anzuschließen. Mobile Ladegeräte, die über CEE-Steckverbindungen versorgt werden, sind nur in Ausnahmefällen und für einen kurzen Betriebszeitraum zulässig und im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Bei längeren Betriebszeiträumen von mobilen Ladegeräten sind weitere brandschutztechnische Maßnahmen, die über die gesetzlichen Forderungen hinaus gehen, zu empfehlen. Dies können z. B. sein: Thermosensoren an Energieleitungen, integrierte lokale Aerosol-Löscheinrichtungen.

Vor der Inbetriebnahme sämtlicher Anlagen muss eine Überprüfung durch die verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK) gemäß VDE 1000-10 vorliegen oder durch geeignete sachkundige Personen beauftragt werden.

Stör- und Betriebsmeldungen sollten an eine ständig besetzte Stelle weitergeleitet werden, dort muss ein Alarmplan/Ablaufplan vorhanden sein.

Um auch den besonderen Anforderungen an den Sachschutz Rechnung zu tragen wird empfohlen, zusätzlich eine Abnahme durch einen VdS-anerkannten Sachverständigen zum Prüfen elektrischer Anlagen oder einer gleichermaßen qualifizierten sachverständigen Person durchführen zu lassen.

Schalträume sind durch Brandmeldeanlagen oder auch über geeignete funkvernetzte Gefahrenmeldeanlagen zu überwachen. Dies gilt insbesondere für Transformatorenstationen auf der Strecke zum Nachladen. Eine Aufschaltung auf eine ständig besetzte Stelle wie z. B. die Leitzentrale des Verkehrsbetriebes wird empfohlen.

Mittelspannungsanlagen, Transformatoren, Gleichstromanlagen, Niederspannungshauptverteilung (NSHV) sind feuerbeständig voneinander zu trennen und mit Brandmeldeanlagen oder einer anderen geeigneten zuverlässigen Gefahrenmeldeanlage zu überwachen.

Der Brandschutz ist bei der Kabelführung zu berücksichtigen durch z. B. Schotts bei der Durchführung von Leitungen durch Brandwände (siehe dazu VdS 2025 „Elektrische Leitungsanlagen“). Bei Nachbelegungen sind Schotts wieder fachgerecht zu verschließen. Kabeldurchführungen sollten regelmäßig geprüft werden.

Für Transformatoren und Schaltgerätekombinationen empfiehlt sich, geeignete Löschanlagen zu installieren.

Bei allen betrieblichen Veränderungen wie z. B. dem Einsatz neuer Antriebstechniken, der Umstellung oder Anpassung der Energieversorgung ist das Brandschutzkonzept zu überprüfen und bei Bedarf anzupassen.

6.1 Lademanagementsysteme

Anomalien in Zellen oder Modulen, die vom Batteriemanagementsystem erkannt werden, sollten über ein Lademanagementsystem an eine ständig besetzte Stelle weitergeleitet werden. Bei erkannten kritischen Anomalien muss eine automatische Abschaltung des Ladeprozesses erfolgen.

Lademanagementsysteme sollten manipulationsfest sein und über Rückfallebenen verfügen, damit bei einem Ausfall der Ladeprozesses nicht abgeschaltet wird/werden muss.

Die Cyber-Sicherheit für Systeme der Ladeinfrastruktur und des Lademanagementsystems ist zu berücksichtigen.

6.2 Provisorien

Idealerweise erfolgen die Planung, Montage und Inbetriebnahme stufenweise nach schriftlicher Genehmigung durch die verantwortliche Person (z. B. verantwortliche Elektrofachkraft – VEFK).

Zuleitungen, Verteilungen, Ladegeräte sind gegen mechanische Gefahren aus dem Betrieb zu schützen. Temporär verlegte Leitungen sind unter Berücksichtigung der möglichen äußeren Einflüsse, der Länge, der Verlegeart und der Strombelastung normgerecht auszuwählen und zu dimensionieren. Es bieten sich für den Baustelleneinsatz geeignete Kabel (z. B. H07RN-F) an.

Alle zu beachtenden Punkte sollten mit einer geeigneten Elektrofachfirma projektiert werden.

6.3 Überwachung von Anlagen der Ladeinfrastruktur

Bei temporären Installationen sind deutlich häufigere Sichtprüfungen und messtechnische Prüfungen als bei fest installierten Anlagen erforderlich. Die Prüf Fristen müssen unter Berücksichtigung der DGUV Vorschrift 3 und der Betriebssicherheitsverordnung ermittelt werden. Folgende Fristen können geeignet sein: Sichtprüfung monatlich, messtechnische Untersuchung halbjährlich oder anlassbezogen; zu beachten sind Anfor-

derungen zu CE-Konformitätserklärungen und die Herstellervorgaben zu Prüfintervallen.

Eine kontinuierliche Temperaturüberwachung der Ladeinfrastruktur sollte bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden. Hierdurch ist möglich, Überhitzungen frühzeitig zu erkennen, bevor es zu einer Störung oder zu einem Brand kommen kann. Damit ist auch eine Fernüberwachung möglich. Eine Übertragung auf die Leitzentrale ist sinnvoll, damit bei Überschreiten von kritischen Werten eine Meldung abgesetzt und entsprechende Maßnahmen frühzeitig eingeleitet werden können.

Durch die permanente Überwachung der Wärmeentwicklung an den Kontaktstellen in der Schaltergerätekombination (Schaltanlage) statt einer zufälligen diskontinuierlichen Messung mit einer Wärmebildkamera können Fehler sofort erkannt und Instandhaltungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Die Technik lässt sich auch im Bestand nachrüsten.

6.4 Werkstattbereiche

In Werkstätten kommen sowohl Ladegeräte für Fahrzeuge wie auch für akkubetriebene Werkzeuge zum Einsatz. Ladegeräte für Fahrzeuge dürfen nur von geschultem, regelmäßig unterwiesenem Personal benutzt werden. Der Ladevorgang sollte zum Arbeitsende unterbrochen werden.

Ladevorgänge für Akkus von Werkzeugen sollten in einem separaten Bereich durchgeführt werden, der feuerwiderstandsfähig abgetrennt ist.

Ziel ist es in beiden Fällen, Brände in Werkstätten aufgrund von Überhitzungen oder durchgehender Akkus zu vermeiden. Die Vorgaben der Hersteller sind zu beachten.

Gefährdungsbeurteilungen gem. Betriebssicherheitsverordnung sind vorab zu erstellen und die Mitarbeiter sind entsprechend zu unterweisen. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind die Gefahren von mobilen Geräten, Flurförderfahrzeugen, mobiler IT usw. zu bewerten.

Werkstattbereiche sollten von Abstellbereichen brandschutztechnisch getrennt werden. Es empfiehlt sich zudem, die Werkstattbereiche in Brandabschnitte zu unterteilen.

7 Brandschutzmaßnahmen

7.1 Baulicher Brandschutz

Schutzziel: Durch die Verwendung geeigneter Baustoffe soll die Brandentstehungs- und Brandausbreitungsgefahr im bzw. über das Gebäude von vornherein reduziert werden.

Für den baulichen Brandschutz sind daher folgende Punkte zu beachten:

- Nichtbrennbare Baustoffe haben sich bewährt und sollten verwendet werden.
- Auf die Verwendung brennbarer Dämmstoffe, insbesondere in Dachbereichen, sollte unbedingt verzichtet werden. Ein Feuer kann sich über brennbare Dämmstoffe im Dach oftmals schnell und großflächig ausbreiten (siehe VdS 2234 "Brand- und Komplextrennwände").
- Tragwerk und Dachtragwerk von geschlossenen Abstellanlagen sollten eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten besitzen.
- Eine erhöhte Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten kann geboten sein, z. B. bei ausgedehnteren oder mehrgeschossigen Abstellanlagen oder zum Schutz besonderer Bereiche (Elektro-Ladeinfrastruktur o. Ä.).
- In offenen überdachten Abstellanlagen (Carports) kann die Feuerwiderstandsdauer ggfs. auch von 90 auf 60 oder 30 Minuten reduziert werden, z. B. wenn günstige Bedingungen für die Brandbekämpfung vorliegen.
- Sowohl bei bei offenen überdachten Abstellanlagen (Busports, Carports) als auch bei Freiabstellanlagen ist die Errichtung von feuerbeständigen Wänden oder Brandwänden zu empfehlen, um den Feuerüberschlag auf die benachbarten Busse zu verhindern, da sich gezeigt hat, dass Rauch- und Wärmeabzugsanlagen nicht ausreichen, um die großen Wärmebelastungen zeitnah zu reduzieren.
- Bei mehrgeschossigen Abstellanlagen sind zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen eines Brandes zu berücksichtigen. Dazu zählen z. B. erhöhte Feuerwiderstandsdauer, zusätzlich durch Silicat- oder Faserzementplatten, die auch eine leichtere Sanierung nach einem Brandereignis ermöglichen.
- Fenster und Türanlagen in Außenwänden der Abstellung, insbesondere bei Abstellung von Fahrzeugen oder sonstigen brennbaren Gegenständen in der unmittelbaren Nähe, sollten eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten besitzen.
- Ausbildung möglichst kleiner Brandabschnitte



Bild 7-1: Brand in einer durch Brandwände unterteilten Abstellhalle: links vom Brand betroffener Brandabschnitt, rechts benachbarter Brandabschnitt ohne Brandeinwirkung. Busse aus diesem Bereich blieben unversehrt. (Bildquelle: ÜSTRA, Hannover)

Hinweis: siehe VdS 2234 „Brand- und Komplex-trennwände; Merkblatt für die Anordnung und Ausführung“.

Durch die Anordnung von Brandabschnitten, die idealerweise klein gehalten werden, kann das Schadenausmaß im Brandfall wirkungsvoll begrenzt werden.

Zur Unterteilung bestehender Abstellhallen können ggf. auch geeignete Brandschutzvorhänge mit Feuerwiderstand installiert werden. Die zusätzliche Verwendung von Brandbekämpfungsanlagen kann hierbei sinnvoll sein.

7.1.1 Größe der Brandabschnitte

Bei allen Bränden in Betriebshöfen war erkennbar, dass sämtliche Fahrzeuge, die in einem Brandabschnitt abgestellt waren, durch Feuer vernichtet wurden. Es ist daher sinnvoll, die Brandabschnitte möglichst klein zu gestalten.

Hierzu gibt es aus den Schadenerfahrungen die Empfehlung, dass nur eine begrenzte Anzahl Busse in einem Brandabschnitt abgestellt werden sollte. Unter Berücksichtigung der VDV-Schrift „Fahrzeugreserve in Verkehrsunternehmen“ (VDV-Schrift 801) ist davon auszugehen, dass bei einem durchschnittlich großen ÖPNV-Betrieb ab einem

Verlust von 15–20 % der Busflotte mit einer erheblichen Einschränkung des ÖPNV zu rechnen ist. Der maximal zu verkraftende Verlust von Fahrzeugen ist immer individuell zu ermitteln. In der Praxis hat sich eine Größenordnung von ca. 20 Fahrzeugen je Brandabschnitt bewährt, um nach einem Brandereignis einen möglichst störungsfreien Betrieb aufrechtzuerhalten. Einflussgrößen sind u. a. die Größe des Betriebshofs und das Gesamtkonzept des ÖPNV-Anbieters (Anzahl Betriebshöfe, Fahrzeugreserven, Umlauflängen etc.).

7.1.2 Freiabstellung

Auch bei einer Freiabstellung sollte eine brandschutztechnische Unterteilung der Abstellfläche in kleinere Abschnitte erfolgen. Dies kann durch ausreichend große Abstände zwischen den Teil-Abstellflächen erfolgen (sog. „räumliche Trennung“). Erfahrungen aus Brandereignissen haben gezeigt, dass der aus den Bauordnungen etablierte Abstand von 5 m zur räumlichen Brandabschnittsbildung bei brennenden Bussen häufig nicht ausreichend ist. Zur Behinderung einer Brandausbreitung werden daher breitere Freistreifen empfohlen.

Eine Unterteilung in Teil-Abstellflächen kann auch durch geeignete Wände aus nichtbrennbaren Baustoffen realisiert werden (sog. „bauliche Trennung“). Dabei ist neben einem ausreichend hohen

Feuerwiderstand (empfohlen werden 60 Minuten) auch auf die Statik zu achten. Die Wände sollten dabei mindestens 0,5 Meter oberhalb und seitlich über die abgestellten Busse hinausragen, um eine Brandausbreitung auf die im benachbarten Bereich befindlichen Busse möglichst zu vermeiden. Bei lediglich „bushohen“ Wänden kann eine Brandausbreitung erfahrungsgemäß nicht verhindert werden. Eine Unterteilung durch Wände im Freiabstellbereich kann z. B. auch mit Betonblocksteinen erfolgen.

Die Teil-Abstellflächen sollten sowohl bei räumlicher wie auch bei baulicher Trennung in Anlehnung an die Muster-Kunststofflager-Richtlinie folgende (Abstell-)Tiefen nicht überschreiten:

- 40 m, wenn zwei sich gegenüberliegende Seiten für die Brandbekämpfung frei zugänglich sind,
- 20 m, wenn nur eine Seite für die Brandbekämpfung zugänglich ist.

7.1.3 Bewegungsflächen für die Feuerwehr

In Absprache mit der Feuerwehr sollten die für einen möglichst wirksamen Feuerwehreinsatz notwendigen Aufstell- und Bewegungsflächen festgelegt werden.

7.1.4 PV-Anlagen auf Dächern von Busbetriebshöfen

Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) können bei Defekten eine Zündquelle für brennbare Baustoffe im Dach darstellen. Dies muss bei der Planung berücksichtigt werden. Mögliche Maßnahmen zur Risikominimierung sind in der Publikation VdS 6023 „Photovoltaik-Anlagen auf Dächern“ beschrieben.

Die Wirksamkeit von vorhandenen brandschutztechnischen Einrichtungen (z. B. Brandwände, automatische Brandbekämpfungsanlagen, Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Blitzschutzanlagen) darf nicht durch PV-Anlagen eingeschränkt werden; Hinweise dazu siehe VdS 3145 „Photovoltaikanlagen“.

Bereits bei der Planung einer PV-Anlage ist darauf zu achten, dass eine Brandabschnittstrennung nicht aufgehoben wird und es nicht zu einer Brandweiterleitung auf benachbarte Brandabschnitte kommen kann; siehe dazu VdS 2234 „Brand- und Komplextrennwände“.

Hinweis: Die Betriebsmittel (Wechselrichter, Kabel und Leitungen) dürfen nicht im Abstellbereich der Fahrzeuge installiert werden.

7.2 Anlagentechnischer Brandschutz

7.2.1 Automatische Brandmeldeanlagen

Eine frühzeitige Branderkennung und Alarmierung der Feuerwehr kann grundsätzlich durch die Installation einer geeigneten automatischen Brandmeldeanlage (BMA) gewährleistet werden. Nach den Schadenerfahrungen ist die Brandausbreitungsgeschwindigkeit in Busabstellbereichen allerdings derart hoch, dass eine erfolgreiche Brandbekämpfung innerhalb eines vom Brand betroffenen Brandabschnitts durch die Feuerwehr selbst bei einem frühzeitigen Eintreffen nicht mehr möglich ist. Insofern wird die Installation einer Brandmeldeanlage keine wesentlichen Auswirkungen auf den Brandverlauf und das Schadensmaß innerhalb eines Brandabschnitts haben.

Die Auswertung der Meldungen einer Brandmeldeanlage kann jedoch Erkenntnisse über den Entstehungsort und Brandverlauf liefern. Dies ist sowohl für den Betreiber als auch den Sachversicherer für die Nachvollziehbarkeit von Brandereignissen in Abstellanlagen sehr wichtig. Die brandschutztechnische Abtrennung der Brandmeldezentrale bzw. der sichere Speicherort der Meldungen für eine spätere Auswertung ist in den entsprechenden Regelwerken vorgegeben (siehe VdS 2095 „Automatische Brandmeldeanlagen, Planung und Einbau“ und DIN VDE 0833-2 VDE 0833-2 „Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall; Teil 2: Festlegungen für Brandmeldeanlagen“).

Angepasstes BMA-Konzept

Für den Einsatz einer BMA in der Abstellanlage für Busse ist ein abgestimmtes Brandmeldeanlagenkonzept (siehe DIN 14675 „Brandmeldeanlagen – Teil 1: Aufbau und Betrieb; Kapitel 5: Brandmelde- und Alarmierungskonzept“) zu erstellen. Dabei ist insbesondere der Umgang mit ungewollten Alarmen z. B. durch Abgase zu klären oder eine Detektionstechnologie zu wählen, die auf die Art der Fahrzeugantriebe Rücksicht nimmt.

Eine Überwachung „übriger“ Nutzungsbereiche wie z. B. Werkstatt, Verwaltung durch eine Brandmeldeanlage wird empfohlen, um durch einen frühzeitigen Feuerwehreinsatz den Brand auf einen möglichst kleinen Bereich zu begrenzen. Der Feueralarm der Brandmeldeanlage sollte auf eine ständig besetzte Stelle geschaltet werden (z. B. betriebliche Leitstelle), vorzugsweise direkt zur Feuerwehr.

Sofern die abgestellten Fahrzeuge über bordeigene Branderkennungssysteme verfügen, sollten

diese nach Möglichkeit in das Lademanagement- und Betriebshofmanagementsystem eingebunden werden.

7.2.2 Stationäre Brandbekämpfungsanlagen

Stationäre Brandbekämpfungsanlagen (Sprinkleranlagen, Sprühwasseranlagen, Wassernebelanlagen usw.) sind grundsätzlich sehr wirkungsvolle Einrichtungen zur Brandbekämpfung.

Aufgrund der Karosseriestruktur von Fahrzeugen (Pkw und Busse) kann bei wasserbasierten Brandbekämpfungsanlagen das Löschwasser von der Raumdecke das Innere der Fahrzeuge nicht erreichen, die Löschwirkung kann sich nicht voll entfalten. Ein selbständiges finales Ablöschen von Fahrzeug- und Batteriebränden ist daher nicht möglich.

Ob mit einer Brandbekämpfungsanlage eine Brandausbreitung zwischen Bussen, die in der für Betriebshöfe üblichen verdichteten Weise abgestellt werden, zuverlässig behindert werden kann, kann nach dem heutigen Wissensstand nicht beurteilt werden. Weder für Sprinkleranlagen noch für Sprühwasser- oder Wassernebelanlagen sind die erforderlichen Nachweise auf Basis von Brandversuchen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Richtlinie erbracht worden.

Ein Schutzziel für einen Brandabschnitt in Hallenbereichen mit Bussen (Abstellanlagen, Werkstätten etc.) ist der Schutz der Gebäudestrukturen vor thermischen Einwirkungen. Durch eine wirksame Kühlung kann ein Versagen durch Verlust der Tragfähigkeit aufgrund hoher Temperaturen in den Bauteilen verhindert werden.

Ohne die Kühlung durch eine automatische Brandbekämpfungsanlage ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einem Totalverlust des Brandabschnitts zu rechnen.

In eingeschossigen Abstellanlagen kann eine flächendeckende stationäre Brandbekämpfungsanlage eine sinnvolle ergänzende Brandschutzmaßnahme zum Schutz des Tragwerkes sein. Die Bildung von Brandabschnitten kann sie jedoch nicht ersetzen.

In mehrgeschossigen Abstellanlagen ist ohne eine flächendeckende stationäre Brandbekämpfungsanlage im Brandfall von einem Totalverlust des Gebäudes auszugehen. Sollte die Gebäudestatik im Brandbereich beschädigt werden, hat dies i. d. R. Auswirkungen auf die gesamte Gebäudestruktur, was zum notwendigen Abriss des Gesamtgebäu-

des führen kann (nachträglicher Totalschaden und längerfristiger Ausfall des Standorts).

Brandbekämpfungsanlagen sollten grundsätzlich nach einem anerkannten Regelwerk errichtet und regelmäßig geprüft werden, z. B. nach den Richtlinien VdS CEA 4001, VdS 2109, VdS 3188.

Die Auslegung sollte immer objektbezogen mit dem Versicherer und einer anerkannten sachverständigen Stelle, z. B. VdS Schadenverhütung, abgestimmt werden und soll auf den Nachweisen geeigneter Brandversuche basieren.

7.3 Abwehrender Brandschutz

7.3.1 Allgemeines

Für die wirksame Tätigkeit der Feuerwehr bei den hier beschriebenen Objekten muss der bauordnungsrechtliche Grundsatz erfüllt sein, dass die Personenrettung vor Eintreffen der Feuerwehr abgeschlossen sein muss.¹

Aufgrund der verwendeten Materialien im Fahrzeugbau (u. a. Kunststoffe) und der Abstellsituation findet nach der Brandentstehungsphase eine rapide Brandausbreitung statt. Bis zum Eintreffen der Feuerwehr wird der Brand so weit fortgeschritten sein, dass dieser mit einer den örtlichen Verhältnissen entsprechend leistungsfähigen Feuerwehr nicht mehr beherrschbar ist. Auch Maßnahmen zur Brandfrüherkennung und automatischen Alarmierung der Feuerwehr (automatische Brandmeldeanlage) sind hierfür nicht ausreichend.

Ohne eine automatische Brandbekämpfungsanlage ist nach den bisherigen Schadenerfahrungen von einem Totalverlust des Brandabschnitts auszugehen (siehe dazu auch Ausführungen im Abschnitt „Anlagentechnischer Brandschutz“).

7.3.2 Anforderungen für einen defensiven Feuerwehreinsatz (Mindestanforderungen)

Aus den oben genannten Gründen ist ohne besondere, die Feuerwehr unterstützende Einrichtungen des vorbeugenden Brandschutzes lediglich ein rein defensiver Einsatz der Feuerwehr möglich (Aufhalten des Brandes an den baulichen Brandabschnittsgrenzen).

¹ G. Famers, J. Messerer: „Rettung von Personen“ und „wirksame Löscharbeiten“ – bauordnungsrechtliche Schutzziele mit Blick auf die Entrauchung; Ein Grundsatzpapier der Fachkommission Bauaufsicht, 2008

Grundsätzlich werden folgende Maßnahmen für erforderlich erachtet:

1. Feuerwehrplan nach DIN 14095 zur Orientierung bei Busdepots mit mehr als 2.000 m² Grundfläche in Abstimmung mit der örtlichen Brandschutzdienststelle. In den Feuerwehrplänen ist die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile darzustellen.
2. Freistehende sowie aneinandergebaute Abstellbereiche in Betriebshöfen mit einer Grundfläche von insgesamt mehr als 5.000 m² müssen eine für Feuerwehrfahrzeuge befahrbare Umfahrt haben. Umfahrten müssen die Anforderungen der Muster-Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr erfüllen.²
3. Eine Löschwasserversorgung entsprechend den Vorgaben „Löschwasserversorgung aus Hydranten in öffentlichen Verkehrsflächen“³ mit folgender Leistung ist angemessen (analog Industriegebäude):
 - bis 2.500 m² Grundfläche: 96 m³/h
 - über 4.000 m² Grundfläche: 192 m³/h

Zwischenwerte können interpoliert werden.
4. Elektrische Installationen, die über eine übliche Hausinstallation hinausgehen (z. B. Ladeinfrastruktur für Elektrobusse, Oberleitungen), sollten von außerhalb des Gebäudes durch die Feuerwehr spannungsfrei geschaltet werden können.
5. Es ist zu überprüfen, ob besondere Maßnahmen für eine Löschwasserrückhaltung erforderlich sind (abzustimmen mit der zuständigen Behörde zur Umsetzung § 62 WHG).
6. Abstellanlagen für gasbetriebene Busse sind von außen erkennbar zu kennzeichnen (bspw. gemäß ISO 17840-2:2019-04 "Straßenfahrzeuge – Informationen für Ersthelfer und Rettungskräfte – Teil 2: Rettungsdatenblätter für Busse, Reisebusse und Nutzfahrzeuge"

7.3.3 Zusatzanforderungen für einen offensiven Feuerwehreinsatz

Soll die Feuerwehr den Brand offensiv bekämpfen können, sind aufbauend auf eine automatische Brandbekämpfungsanlage (siehe oben) weitere unterstützende Einrichtungen des vorbeugenden Brandschutzes erforderlich. Löscharbeiten innerhalb eines vom Brand betroffenen Brandabschnitts sind nur möglich, wenn folgende Parameter eingehalten sind:

1. Ein Gebäudeeinsturz ist nicht zu erwarten (feuerbeständiges Tragwerk aus nichtbrennbaren Baustoffen und Einrichtungen für den Wärmeabzug).
2. Ab 1.000 m² Grundfläche sind Anlagen zur Rauchableitung für wirksame Löscharbeiten notwendig. Auch bei Vorhandensein einer Löschanlage ist aufgrund der erheblichen Wärmefreisetzung von einer Wirksamkeit der Rauchabzugsanlage auszugehen.
3. Löschwasser-Anschlusseinrichtungen zum schnellen Eingreifen stehen zur Verfügung (Wandhydranten Typ F, Löschwasservolumen 200 l/min, Entnahme an drei Stellen gleichzeitig).
4. Erschließungsgänge von mindestens 90 cm Breite zwischen den Busreihen sind vorhanden (z. B. analog einem Hauptgangsystem oder zur Unterteilung langgezogener Baukörper mit seitlichem Zugang). Die Eindringtiefe der Feuerwehr in einen Brandabschnitt sollte dabei 35 m nicht überschreiten.

Weitere, darüber hinaus gehende Einrichtungen können abhängig vom konkreten Objekt erforderlich werden und sind mit der örtlichen Brandschutzdienststelle abzustimmen.

7.4 Betrieblich organisatorischer Brandschutz

Maßnahmen des organisatorischen Brandschutzes sind nur wirksam, wenn sie im betrieblichen Alltag gelebt und von allen Personen im Betrieb einschließlich der Betriebsleitung und Beschäftigten von Fremdfirmen beachtet werden.

Die Maßnahmen des organisatorischen Brandschutzes tragen dazu bei, die Eintrittswahrscheinlichkeit und den Umfang von Betriebsstörungen oder von daraus resultierenden Schadenereignissen zu minimieren.

² Muster-Richtlinien über Flächen für die Feuerwehr, Fachkommission Bauaufsicht, 2009

³ Information der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes in Abstimmung mit dem DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.: Löschwasserversorgung aus Hydranten in öffentlichen Verkehrsflächen, 2018

Die folgenden Punkte sind wichtige Bestandteile des organisatorischen Brandschutzes und sollten immer beachtet werden:

- Ordnung und Sauberkeit
- Prüfung der elektrischen Licht- und Kraftanlagen, vgl. VdS 2871 „Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602; Hinweise für den anerkannten Elektrosachverständigen“
- Prüfung der ortsfesten elektrischen Anlagen und ortsveränderlichen Betriebsmitteln, vgl. DGUV Vorschrift 3
- Ladestationen der elektrischen Flurförderzeuge, vgl. VdS 2259 „Batterieladeanlagen für Elektrofahrzeuge“
- Erlaubnisscheinverfahren für feuergefährliche Arbeiten, vgl. VdS 2008 „Feuergefährliche Arbeiten; Richtlinien für den Brandschutz“
- Einhaltung von Rauchverbot
- keine Anlagerung brennbarer Materialien an Gebäuden oder Einfriedungen

Der organisatorische Brandschutz sollte je nach Betriebsgröße in einem Brandschutzmanagementsystem implementiert sein und durch einen Brandschutzbeauftragten koordiniert werden.

Hinweis: siehe VdS 2009 "Brandschutz-Management, Leitfaden für die Verantwortlichen im Betrieb und Unternehmen".

Der Betreiber ist nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) verpflichtet, in einer Gefährdungsbeurteilung die Gefahren, die von den technischen Einrichtungen und Geräten ausgehen können, einzuschätzen, zu beurteilen und daraus abzuleitende notwendige Schutzmaßnahmen umzusetzen.

Die Umstellung auf alternative Antriebstechnologien bringt neue spezifische Gefährdungen mit sich. Somit bleibt bei der Suche nach geeigneten Schutzkonzepten die einzelfallbezogene Gefahrenanalyse bis auf Weiteres unausweichlich. Die hier aufgeführten Anmerkungen zur Brandschutzanalyse geben dazu eine Hilfestellung:

- Für die Gefährdungsbeurteilung sollte bereits im Rahmen des Beschaffungsprozesses bei den Fahrzeugherstellern/Ladeinfrastrukturherstellern eine Gefährdungsanalyse angefordert werden.
- Eine genaue Gefahrenanalyse zum Brandverhalten ist immer projektbezogen durchzuführen.
- Es ist zudem immer zu prüfen, ob mit der Umstellung auf alternative Antriebe eine Nutzungsänderung oder eine bautechnische Ver-

änderung einer baulichen Anlage vorliegt, die einer (neuen) Genehmigung bedürfen.

- Es sollte immer auch geprüft werden, ob in diesem Zusammenhang Anpassungen des Brandschutzkonzeptes erforderlich sind.

Hinweis: Eine Nutzungsänderung kann immer dann vorliegen, wenn sich die neue Nutzung von den bisherigen unterscheidet, dass sie ihrerseits anderen oder weitergehenden Anforderungen bauordnungs-, bauplanungs- oder sonstiger öffentlich-rechtlicher Art wie Umweltrecht oder AwSV unterworfen ist oder unterworfen werden kann.

7.4.1 Brandschutz allgemein

Das Ziel dieses Dokuments besteht darin, den baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen/betrieblichen Brandschutz in den Betriebsgebäuden, Werkstätten, Betriebshöfen und in den Fahrzeugen ganzheitlich zu betrachten, sodass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Selbst- und Fremddrettung sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind. Weiterhin werden sowohl die wesentlichen Anforderungen als auch die erforderlichen Prozesse für die Erstellung eines Brandschutzkonzeptes (BSK) beschrieben.

Alle Beschäftigten sind regelmäßig gemäß UVV und Gefährdungsbeurteilung zu unterweisen.

Die notwendigen Unterweisungen zum Brandschutz für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind wiederkehrend durchzuführen (empfohlene Frequenz: jährlich).

7.4.2 Brandschutzbeauftragte

Eine Benennung eines Brandschutzbeauftragten ist aufgrund der umfangreichen Aufgaben des Brandschutzes und den zu koordinierenden Schnittstellen geboten. Der organisatorische Brandschutz sollte entsprechend der Betriebsgröße analog der Arbeitssicherheit in einem Brandschutzmanagementsystem implementiert und durch einen Brandschutzbeauftragten koordiniert werden.

Der Brandschutzbeauftragte sollte regelmäßige Begehungen durchführen, in denen die Maßnahmen des organisatorischen Brandschutzes kontrolliert und dokumentiert werden. Für diese Begehungen hat sich das Führen von Brandschutz-Checklisten als hilfreich erwiesen. Für den Betrieb sollte eine angepasste Checkliste erstellt werden, in der auch tägliche, wöchentliche und monatliche Kontrollen aufgezeigt und dokumentiert werden.

„Muster-Brandschutz-Checklisten finden sich beispielsweise in den Anhängen zu VdS 2000 „Brandschutz im Betrieb“ und in der Publikation VdS 3110 „Brandschutzbeauftragter; Ergänzende Hinweise zu Verantwortung und Hilfestellung zu Beurteilung von Brandgefahren und Überprüfung von Brandschutzmaßnahmen“.

Hinweis: VdS 3111/DGUV Information 205-003/vfdb 09/12-01 „Aufgaben, Qualifikation, Ausbildung und Bestellung von Brandschutzbeauftragten“.

7.4.3 Brandschutz Helfer

Der Arbeitgeber hat eine ausreichende Anzahl von Beschäftigten durch Unterweisung und Übung im Umgang mit Feuerlöscheinrichtungen zur Bekämpfung von Entstehungsbränden vertraut zu machen (siehe auch Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) „Maßnahmen gegen Brände“ ASR A2.2).

Die Ausbildung von Brandschutz Helfern kann durch den Unternehmer oder die Unternehmerin, deren Beauftragte oder auch in Kooperation mit qualifizierten Anbietern oder Feuerwehren erfolgen.

Ausbildungsumfang: Für die Theorie nach DGUV Information 205-023 sind mindestens 2 Unterrichtseinheiten à 45 Minuten (bei normaler Brandgefährdung) vorzusehen. Die Zeitdauer für die Praxis nach Abschnitt 2.2 hängt von der Gruppengröße ab. Jeder Teilnehmende sollte ausreichend Übungszeit zur Verfügung gestellt bekommen. Erfahrungsgemäß sind 5 bis 10 Minuten pro Teilnehmendem ausreichend.

Weitere Informationen siehe DGUV Information 205-023 „Brandschutz Helfer; Ausbildung und Befähigung“ (<https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/2848/brandschutz Helfer>).

7.4.4 Brandschutzkonzept (BSK)

Die Forderung eines BSK wird u. a. durch Verordnungen geregelt. Weiterhin können z. B. auch versicherungstechnische Auflagen ein BSK verlangen. Unabhängig davon ist beim Einsatz von alternativen Antriebstechniken, unter Berücksichtigung der rechtlichen und der allgemein gültigen normativen Vorgaben, ein ganzheitliches BSK aufzustellen oder ein bestehendes BSK zu überarbeiten und bei brandschutzrelevanten Änderungen fortzuschreiben.

Das BSK muss für den Betrieb eine Gesamtbewertung hinsichtlich der vorbeugenden und abwehrenden Maßnahmen des Brandschutzes beinhalten.

Unter Berücksichtigung der Nutzung alternativer Antriebstechniken und des Brandrisikos sind im BSK die Teilkomponenten Betriebsgebäude, Werkstätten, Betriebshof, Fahrzeuge, Betrieb und Organisation und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele zu beschreiben.

Eine beispielhafte Gliederungsvorgabe für ein BSK stellt z. B. in NRW der § 9 der BauPrüfVO (Verordnung über bautechnische Prüfungen) dar. Grundsätzlich sind die jeweils gültigen landesrechtlichen Gliederungsvorgaben zu prüfen. Weitere Hinweise finden sich in vfdb 01/01 „Brandschutzkonzept“ (<https://shop.vds.de/publikation/vfdb-01-01>).

Im BSK sind unter Beachtung der unterschiedlichen Randbedingungen in den Unternehmen folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

- Minimierung von Brandlasten
- Vermeidung einer Brand- bzw. Rauchentstehung
- Verhinderung bzw. Verzögerung der Brand- und Rauchausbreitung
- Festlegung der Brandbekämpfungsabschnitte
- Detektion von Bränden in Fahrzeugen, Ladeinfrastruktur, Werkstätten, Betriebshöfen und Betriebsgebäuden
- Festlegung der erforderlichen organisatorischen Maßnahmen
- Möglichkeit zur Selbst- und Fremdrerettung
- Möglichkeit zur Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

7.4.5 Inhalte des BSK

Das Brandschutzkonzept kann z. B. in die Teilkomponenten Betriebsgebäude, Werkstätten, Betriebshöfe, Fahrzeuge, Betrieb und Organisation aufgliedert werden. Neben den jeweils gültigen landesrechtlichen Gliederungsvorgaben sind insbesondere die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

7.4.6 Betriebsgebäude/Betriebshof

Für den organisatorischen Brandschutz sind insbesondere die folgenden Punkte zu beachten:

- Abstellkonzept (Halle, Hoch- und Tiefbau, Carport und Freifläche)
- Havarieflächen für Fahrzeuge
- ortsfeste und ortsbewegliche Lagerung von Energiespeichern
- Brandabschnittsbildung (Fahrzeugabstellung und Ladeinfrastruktur)
- zusätzliche Ein- und Ausfahrten
- Verkehrswegekonzept
- Wasserstoffinfrastruktur
- Explosionsschutz

- Brandmelde- und Alarmierungstechnik
- Brandbekämpfungsanlagen
- erweiterbare Brandfallsteuerung (Abschaltregelung der Druckluftversorgung, Ladeinfrastruktur usw.)
- Notabschaltungskonzept (Strom und Druckluft)
- Prüfung der ortsfesten elektrischen Anlage gemäß Prüfverordnung (gesetzliche Anforderung) und entsprechend den vertraglichen Vereinbarungen mit dem Sachversicherer (siehe hierzu z. B. VdS 2871 „Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602, Hinweise für den anerkannten Elektro-sachverständigen“)
- Blitz- und Überspannungsschutz
- Feuerwehr-Aufstell- und Bewegungsflächen und Feuerwehr-Umfahrungen

7.4.7 Havarieflächen

Eine Havariefläche ist dazu bestimmt, einen Bus mit einer potenziell beschädigten Lithium-Ionen-Batterie so abzustellen, dass im Falle eines zeitlich verzögert ausbrechenden Fahrzeugbrandes ein Übergreifen auf benachbarte Objekte (z. B. Fahrzeuge, Gebäude, Vegetation o. Ä.) verhindert wird. Gleichzeitig werden mögliche Risiken für die Umwelt durch eventuell austretende Betriebsstoffe der Batterie vermindert. Die Havariefläche ist nicht dazu bestimmt, einen Brand zu verhindern, sondern dessen Ausbreitung zu unterbinden.

Bei der Einrichtung einer Havariefläche für verunfallte Busse ist eine Betrachtung der gesamten Prozessketten vom Unfall bis hin zur Wiederinbetriebnahme des Busses notwendig. Lediglich eine Havariefläche herzustellen, wird dem gesamten Gefährdungspotenzial, das von einem verunfallten Bus ausgehen kann, nicht gerecht. Dies ist bedingt durch die Gefahren, die von einem beschädigten HV-System und/oder den Batterien ausgehen können. Dementsprechend muss für die gesamte Prozesskette eine Gefährdungsanalyse erstellt werden.

7.4.8 Fahrzeuge – Elektrobus und Dieselbus

Grundsätzlich: Einhaltung der normativen Vorgaben ist durch homologe Vorgaben (z. B. COC) sichergestellt.

- Brandmelde- und Alarmierungstechnik mit Aufschaltung auf Leitzentrale; Gefahrenmeldeanlage auf Verkehrsleitstelle.
- E-Bus: Überwachung des Ladevorganges (z. B. Temperatur und Zellspannung) mit Aufschaltung
- Diesel-Bus: Brandunterdrückungsanlagen/ Löschanlagen – Motorlöschanlage Pflicht aus EU-Norm ECE-R 107 seit 2021

- Wartung/Instandsetzung nach Herstellerangaben und VdV-Mitteilung 2303 „Empfehlungen zur Verhinderung von Brandschäden bei Linienbussen“

7.4.9 Betrieb und Organisation

- Brandschutzordnung gem. DIN 14096
- Benennung und Ausbildung eines Brandschutzbeauftragten
- Rettungsleitfaden und Rettungsdatenblätter für Kraftomnibusse (KOM)
- Erstellung eines Notfallhandbuchs für Leitstelle, Fahr- und Betriebspersonal
- Erstellung von Dienst- und Arbeitsanweisungen (u. a. Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr (BOKraft))
- Instandhaltungskonzept
- Aus- und Weiterbildungskonzept (Betriebsangehörige, Rettungs- und Hilfskräfte)
- Explosionsschutzkonzept
- Durchführung der Prüfungen gemäß DGUV Vorschrift 3 inkl. Prüfung der Lithium-Ionen Akkus aus ortsveränderlichen Geräten und Werkzeugen
- Zum Laden von Lithium-Ionen Akkus von ortsveränderlichen Geräten sollten geeignete Schutzmaßnahmen zur Verhinderung einer Feuer- und Rauchausbreitung in gefährdete Bereiche getroffen werden (z. B. Laden in abgetrenntem Raum mit Rauchabführung in sichere Bereiche oder in für Lithium-Batterien geeigneten „Feuerschutzschränken“).
- Erlaubnisschein für feuergefährliche Arbeiten (z. B. bei Dacharbeiten, VdS 2036SD „Erlaubnisschein für feuergefährliche Arbeiten“)

7.4.10 Schnittstellen zur Feuerwehr für den Einsatzfall

Für einen möglichst wirksamen Feuerwehreinsatz sollten betriebsseitig vorhanden sein:

- Sachkundige Betriebsangehörige (z. B. Brandschutzbeauftragte, Brandschutzhelfer) zur Unterstützung der Feuerwehr im Einsatzfall
- Notfallkoffer mit wichtigen Komponenten, wie z. B. Funktionswesten zur besseren Zuordnung und als Ansprechpartner für den Einsatzleiter der FW, Taschenlampe, Kommunikationsmittel.

7.4.11 Notfallkonzept für Fahrzeugbrände

Für die Erstellung eines Notfallkonzeptes sind neben den Vorgaben des Fahrzeugherstellers auch die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Die folgenden Dokumente des Fahrzeugherstellers bilden dafür die Grundlage:

- Busse mit alternativen Antrieben sind gemäß der ISO 17840 zu kennzeichnen und Rettungskarten/Rettungsleitfäden sind fahrzeugeitig bereitzustellen. Innovativ wäre eine digitale Zuordnung der Einsatzkräfte über hinterlegte Daten des Fahrzeuges inklusive der Batterie.
- Umgang mit den Energiespeichern (beschädigte Batterien)
- Kältemittel der Klimaanlage
- Hebe- und Bergekonzept
- Sicherungskonzept bei schweren Unfällen mit Deformationen im E-Bereich (Fahrzeug kann unter Spannung stehen)
- Sicherheitsdatenblätter: elektrische und chemische Bauteile und Komponenten, z. B. Batterien, Supercaps
- Anforderungen an Havarieflächen

Vor Inbetriebnahme neuer Fahrzeugtypen sollten die zuständigen Hilfeleistungs- und Rettungskräfte (z. B. Feuerwehr, Polizei, THW) informiert werden. Übungen mit der Feuerwehr werden empfohlen.

Der technische Defekt beim Linieneinsatz ist bei der Gefährdungsanalyse besonders zu berücksichtigen, insbesondere sind die Gefährdungen durch die HV-Technik zu betrachten.

7.4.12 Räumungskonzept im Gefahrenfall

Für Gefahrenfälle (z. B. Brandereignisse, Überschwemmungen, Bombenentschärfung) sollte ein Räumungskonzept erstellt werden. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Festlegung von Räumungswegen, Nutzung von Notausfahrten
- Flächenkonzept zur Abstellung von geborgenen Bussen

7.4.13 Organisatorische Maßnahmen im Brandfall

Für den Fall eines Brandes sollte ein Notfallkonzept erarbeitet werden. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Vorhaltung einer geeigneten Abstellfläche für noch im Linieneinsatz befindliche Busse
- Sicherstellung einer externen Energieversorgung (elektrische Energie bzw. Wasserstoff)
- Aufstellkonzept (Einsatzplan für Busse) erstellen.

7.4.14 Schulung von Rettungs- und Hilfskräften

Rettungs- und Bergespersonal wie Feuerwehr, Polizei, Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)

und Abschleppunternehmen sollten kontinuierlich über die Gefahren und technischen Besonderheiten informiert werden. Art und Häufigkeit sollten in Abhängigkeit der regionalen Besonderheiten abgestimmt werden. Grundsätzlich ist ein jährliches Schulungsintervall sinnvoll. Bei größeren technischen Neuerungen, sowie neuen Fahrzeugtypen ist das Intervall gegebenenfalls zu verkürzen.

Bei den Unterweisungen muss darauf geachtet werden, dass nicht nur auf die primären Gefahren wie Gas, Wasserstoff und elektrischer Strom hingewiesen wird, sondern auch auf die sekundären Gefahren, die durch Reaktionsprodukte oder Bestandteile der Speichermedien, z. B. der Batterien bzw. sonstiger Anlagen, z. B. Kältemittel der Klimaanlage, hervorgerufen werden. Die Vorgaben der Rettungskarten der Fahrzeughersteller müssen beachtet werden. Wichtig ist, dass die jeweilige Rettungskarte schnell zur Verfügung steht. Sie kann beispielsweise über einen am Fahrzeug angebrachten QR-Code abgerufen werden oder in laminierte Form im Fahrzeug an einem festen Ort hinterlegt sein.

Die Unterweisung von Rettungs- und Bergespersonal sollte u. a. folgende Inhalte zu vermitteln:

- Lage der Energiespeicher (Batterie, Brennstoffzelle oder Druckbehälter)
- Lage der HV-Komponenten/-Leitungen in den Fahrzeugen
- Bedienen von Fahrzeugen und der zugehörigen Einrichtungen
- Durchführen allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
- Durchführung aller notwendigen mechanischen Tätigkeiten am Fahrzeug (aber: „Hände weg von orange!“)
- Abschalten des HV-Systems durch die Betätigung des Not-Aus-Tasters (im Regelfall im Bereich des Fahrerarbeitsplatzes)
- Spannungsfreischalten des Fahrzeugs als zusätzliche Sicherungsmaßnahme durch qualifizierte Elektrofachkraft oder berechnigte Personen
- Festlegen der anzusprechenden Person bei Unklarheiten
- unzulässige Arbeiten am Fahrzeug
- Welche Arbeiten erfordern welche Qualifikation?
- Im Gegensatz zum Pkw ist nach Unfall nicht zwangsläufig automatisch das HV-System abgeschaltet.
- Informationen zu Havarieflächen

Zusätzlich zu den Inhalten der Schulung ist es sinnvoll, mit Rettungskräften Begehungen der Busbetriebshöfe durchzuführen. Dies soll die Orts- und Anlagenkenntnisse erhöhen. Bei der Elektromobilität ist der Fokus insbesondere auf den Aufbau und das Abschalten der elektrischen Infrastruktur zu legen. Besonderheiten von Gas- und Wasserstoffanlagen sind ebenfalls hervorzuheben.

Das Personal, das bei technischen Defekten von Bussen im Linienbetrieb aktiv wird, muss speziell zur Absicherung des Arbeitsbereiches im öffentlichen Verkehrsraum und zum Umweltschutz geschult werden.

Bei der Information von Abschleppunternehmern muss auf die technischen Besonderheiten dieser Fahrzeuge hingewiesen werden. Es ist im Speziellen auf das Hebekonzept sowie die Dimensionen (Gewicht, Höhe) hinzuweisen. Weiterhin sind beim Abschleppvorgang und im Bergefall die Fahrzeugherstellervorgaben einzuhalten.

Bei Erstellung der entsprechenden Unterlagen und Unterweisungen liefert die DGUV Information 209-093 „Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen“ fachliche Informationen.

Nach DGUV 209-093 müssen Rettungs- und Bergpersonal mindestens eine Qualifikation zur Fachkundigen unterwiesenen Person (FuP) haben.

Verweis auf VDV-Schrift 825 „Anforderungen an Betriebshöfe und Werkstätten beim Einsatz von Linienbussen mit sauberen und/oder emissionsfreien Antrieben“. Diese Schrift beinhaltet umfangreiche Handreichungen zum organisatorischen Brandschutz bei E-Fahrzeugen.

