
Brandschutz auf Betriebshöfen

Branchenforum ÖPNV/ Bahnen der VBG am 15. + 16.06.2023 in Hamburg

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Reitmeier

Referent

Wolfgang Reitmeier

- Dipl.-Ing. (FH) Maschinenbau
- Sicherheitsingenieur
- Fachbereichsleiter Betriebshöfe + Werkstätten und Elektromobilität beim Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)



Gliederung

- **Busbrände – Zahlen, Ursachen, Hintergründe**
- **Entstehung von Bränden**
- **Brandlast – Brandverhalten**
- **Batterien- Aufbau- Zellchemie**
- **Gefahren durch Batterien von E- Bussen**
- **Brandschutz in Abstellanlagen**
- **Flächen und Infrastruktur für die Feuerwehr**
- **Auf wie viele Busse kann verzichtet werden?**
- **Was ist nach einem Brand?**
- **Havarie- bzw. Beobachtungsplatz**
- **Fazit**

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Brandschutz auf Betriebshöfen

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Busbrände sind nichts Neues:

- Nach einer Schätzung brennen jährlich 350-400 Busse (ca. 0,5 % des Gesamtbestands) in Deutschland; die Dunkelziffer dürfte deutlich höher sein, Statistiken hierzu sind nicht verfügbar.

2012 wurde eine Studie der Uni Magdeburg zu 141 Busbränden aus den Jahren 1997 bis 2010 untersucht:

- Der Brandausbruch ereignet sich zu 75 % im Motorraum.
- Zu ca. 85 % bei fahrenden Bussen.
- Auch neue Busse, die jünger als ein Jahr waren, waren betroffen.

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Dieselbus – Betriebshofbrände in der Vergangenheit:

- 2007, Heidelberg, mehrere Busse, Sachschaden ca. 1,2 Mio. €, Grund: nicht genannt
- 2009, Darmstadt, 15 Busse verbrannt, weitere Busse beschädigt, Grund: vermutlich Zusatzheizung
- 2011, Bottrop, 70 Busse verbrannt, Halle mit ca. 5000 m², Grund: elektrischer Defekt 24 Volt Anlage
- 2013, München, 2 Gelenkbusse, Grund: technischer Defekt
- 2021, Düsseldorf, 38 Busse, Grund: technischer Defekt an Dieselbus
- 2021, Hannover, 8 Busse, Grund: technischer Defekt

Betriebshofbrände durch E-Busse:

- 2017, Salzgitter, Brand des E-Bus-Werks von Sileo
- 2019, Burghausen, 1 E-Solobus von Sileo, Grund: nicht genau bekannt, Feuer entstand im Bereich der Batterien im Dach
- 2021, EvoBus Werk in Mannheim, 1 E-Citaro-Gelenkbus mit LMP- Batterie, Grund: Fertigungsfehler
- 2021, Stuttgart, 25 Busse, Grund: technischer Defekt auf den Dach (Nachläufer)

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Ursachen für Brände von Dieselnbussen:

- undichte Einspritzleitungen der Kraftstoffversorgung
- heiß gelaufene Kugellager (Riementrieb), verkokte Druckluftleitungen
- Defekte an Abgasnachbehandlungssystemen (Standregeneration)
- Defekte am 24-V-Stromsystem
- Defekte an der fossilen Zusatzheizung

Gegenmaßnahmen:

- Brandmeldeanlagen
- Brandlöschanlagen für den Motorraum und die Zusatzheizung

Anmerkung:

Mit steigender Abgasstufe steigt auch das Brandrisiko!

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

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)

Gegenmaßnahmen:

- Brandlöschanlagen für die fossile Zusatzheizung

Anmerkung:

Brandrisiko beim Laden im Betriebshof!

E-Bus ist nicht gleich E-Bus! Es gibt große Unterschiede in puncto Batteriekapazität, Zellchemie, Bauart.

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Wichtige Unterscheidung der Brandursachen:

- Thermal Runaway in der Batterie/ Zelle
- Brandursachen im 24 V Stromsystem des Busses/ E- Busses
- technische Defekte (Dieselbusse und E- Busse)
- Fehler/ Schäden in der Ladeinfrastruktur
- Fehler/ Schäden an der gebäudeseitigen Elektrik oder anderer Infrastruktur
- Entzündung von Brandlast in der Abstellung
- Brandstiftung

Hinweis:

Bei Bränden von E- Fahrzeugen muss unterschieden werden, ob die Batterie aktiv brennt oder beflammt wird. Bei hochwertigen Batterien besteht die Möglichkeit, dass die Batterie einen Fahrzeugbrand übersteht ohne zu verbrennen.

Entstehung von Bränden

Brandschutz auf Betriebshöfen

Entstehung von Bränden

Das Verbrennungsdreieck:

- Die drei Bedingungen wie Zündquelle, Sauerstoff und brennbarer Stoff müssen gleichzeitig auftreten, damit ein Feuer entstehen kann.
- Durch das Wegnehmen einer Bedingung kann das Feuer gelöscht werden.

Luftsauerstoff oder
gebundener Sauerstoff



Wärme, Funke, Erwärmung durch
Strom

Holz, Benzin, Diesel, brennbare Gase

Entstehung von Bränden

Brandklassen:

Brandklassen					
	Feste, gluthaltige Stoffe	Flüssige oder flüssig werdende Stoffe	Gasförmige Stoffe, auch unter Druck	Brennbare Metalle	Fettbrände in Frittier- und Fettbackgeräten
Beispiele für Brennstoffe	Heu, Stroh, Holz, Papier, Kohle usw.	Wachs, Alkohol, Teer, Harz, Lacke usw.	Wasserstoff, Erdgas, Methan, Propan, Butan usw.	Kalium, Aluminium, Magnesium usw.	Speiseöle und -fette
Löschmittel	Pulverlöscher mit ABC-Löschpulver, Wasserlöscher auch mit Zusätzen, Schaumlöscher, Löschdecke	Pulverlöscher mit ABC- und BC-Löschpulver, Kohlendioxid, Wasserlöscher mit Zusätzen, Schaumlöscher, Löschdecke	Pulverlöscher mit ABC- und BC-Löschpulver	Pulverlöscher mit Metallbrandpulver, trockener Sand, trockener Zement	Spezielle Fettbrandlöscher – niemals Wasser als Löschmittel verwenden

Quelle: <https://www.kroschke.com/wie-sie-den-passenden-feuerloescher-auswaehlen--blog-51.html>

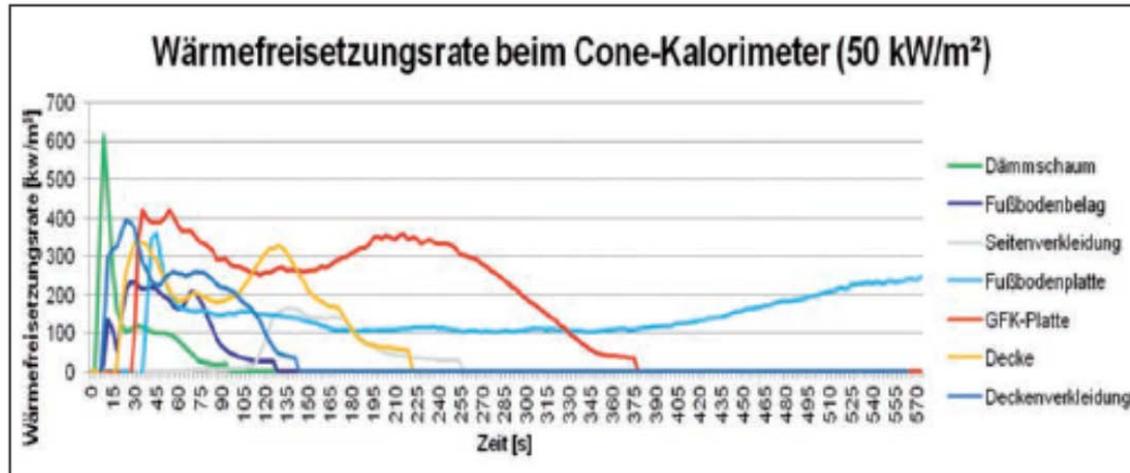
Brandlast- Brandverhalten

Brandschutz auf Betriebshöfen

Brandlast- Brandverhalten

Brandlast:

- Die Brandlast von Bussen ist durch die Innenraummaterialien extrem 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 sind etwa vergleichbar.
- Eine Verringerung der Brandlast ist kaum möglich; die Verwendung von Kunststoffen und damit auch die Brandlast werden steigen (Leichtbau, Seitenwände aus Kunststoff usw.).



Quelle: s + s report 1/ 2014

Brandlast- Brandverhalten

Brandverhalten von abgestellten Bussen:

- 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 (H₂ und CO) bilden.
- Hitze und Rauch müssen nach oben abgeführt werden können, herkömmliche Hitze- und Rauchabzugsflächen sind dafür nicht ausreichend!
- Es wäre sinnvoll, Dächer möglichst leicht zu gestalten (nur Wetterschutz), um dem Feuer möglichst wenig Widerstand zu bieten (Verbesserung des Rauch- und Wärmeabzugs).
- Achtung: PV-Anlagen auf Dächern können nicht abgeschaltet werden!

Brandlast- Brandverhalten



<https://www.youtube.com/watch?v=osYm3sAW9yE>

Quelle: YouTube

Batterien- Aufbau - Zellchemie

Brandschutz auf Betriebshöfen

Batterien- Aufbau- Zellchemie

Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie:

Lithium-Ionen-Batterien ist der „Familiennamen“, die Familie gliedert sich auf in z. B.: NMC (Nickel-Mangan- Kobalt), LFP (Lithium-Eisen-Phosphat), LMP (Lithium-Metall-Polymer, auch „Festkörper-Batterie“ genannt) und LTO (Lithium-Titan-Oxid).

Anode

Besteht aus:

- Graphit
- Kupferfolie
- met. Lithium
- LTO

Separator

Besteht aus:

- Polymer
- „Festkörper“

Elektrolyt

Besteht aus:

- Lösungsmittel
- Leitsalz

Kathode

Besteht aus:

- aktives Material
- Aluminiumfolie

Batterien- Aufbau- Zellchemie

Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie:

Anode:

- Kupferfolie mit z. B. Graphit, kann auch aus metallischem Lithium bestehen (LMP-Batterie). Hier kann ein Metallbrand der Klasse D entstehen.

Separator:

- trennt Anode und Kathode voneinander und kann aus Polymer oder auch als Festkörper, z. B. Keramik, ausgebildet sein.

Elektrolyt:

- besteht aus einem Lösungsmittel (org. Carbonate, Ester, Ether) und einem Leitsalz (Fluorverbindung).

Kathode:

- Aluminiumfolie mit aktivem Material (Metall-Oxidverbindung aus Mn, Ni, Co, Al, Fe). Der Sauerstoffgehalt des aktiven Materials hat einen großen Einfluss auf die Sicherheit der Batterie (Thermal Runaway).

Batterien- Aufbau- Zellchemie

Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie:

Zelltypen:

Rundzelle:



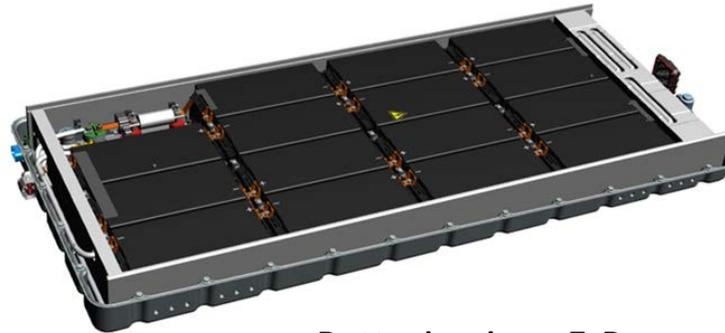
Prismatische Zelle:



Pouch- Bag Zelle:



Quellen: LiTec



Batterie eines E-Busses

Samsung SDI, PHEV-1, 60 Ah

H x B x T: 125 mm x 173 mm x 45 mm

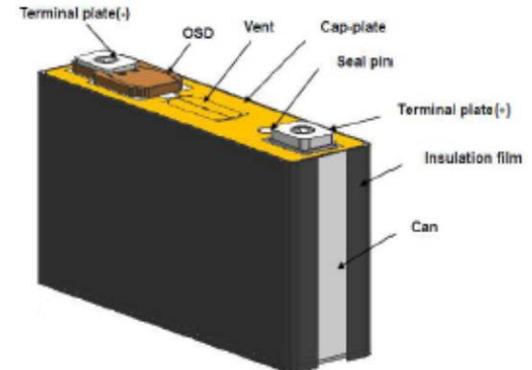
Gehäuse: 1,5 mm Aluminium

Sicherung: im Minusterminal
→ unterbricht bei Überstrom

OSD: Overcharge Safety Device
→ unterbricht bei Druckaufbau

Vent: Sollbruchstelle
→ Schutz vor Bersten

NSD: Nail Safety Device
→ Schutz vor Thermal Runaway



Gefahren durch Batterien von E- Bussen

Brandschutz auf Betriebshöfen

Gefahren durch Batterien von E- Bussen

Entzündung von Lithium-Ionen-Batterien:

Thermal Runaway/ Thermisches Durchgehen:

Der Thermal Runaway, das thermische Durchgehen, ist eine sich selbst beschleunigende Zersetzungsreaktion. Dabei entstehen brennbare bzw. toxische Gase (H₂, CO, Fluorverbindungen).

Beeinflussende Faktoren:

Das aktive Material der Kathode, die Bauart der Batterie, der Ladezustand (SOC), die Anzahl der Ladezyklen, das Alter der Batterie.

Auslösende Faktoren können sein:

Mechanisch: Beschädigung, Penetration, Vibration, Verformung usw.

Elektrisch: interner Kurzschluss (Dendriten), Laden nach Tiefentladung, Überladung

Thermisch: zu hohe/tiefe Temperatur

Folgen: Ausgasen, Funkensprühen, Stichflamme, Feuerball und Explosion

Gefahren durch Batterien von E- Bussen

Thermal Runaway/ Thermisches Durchgehen:

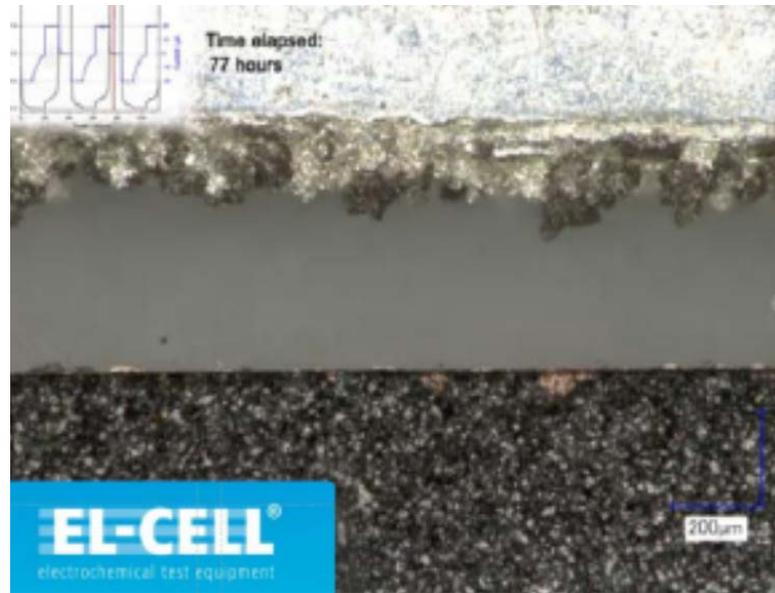


Quelle: Dr. Jonas Pampel, BAM

Gefahren durch Batterien von E- Bussen

Dendriten-Bildung:

Dendriten (aus dem Altgriechischen *déndron* „Baum“) „wachsen“ zwischen Anode und Katode und führen zu einem Kurzschluss in der Zelle.



Lithium

Graphit

Quelle: Kay Vollmer, EvoBus; Dr. Jonas Pampel, BAM

Brandschutz in Abstellanlagen

Brandschutz auf Betriebshöfen

Brandschutz in Abstellanlagen

Ausgangssituation:

- In Busbetriebshöfen werden oftmals weit über 100 Busse abgestellt.
- Brandabschnitte mit mehr als 50 Bussen sind durchaus üblich.
- Der Mischbetrieb von E-Bussen und Dieselnissen mit der dazugehörigen Lade- und Tankinfrastruktur ist normal.
- Die Zahl der Busse ist in den vergangenen Jahren im Betriebshof meist gestiegen. Dies führte unweigerlich zu eingeschränkten Platzverhältnissen.
- In Bestandsbauten werden oftmals Ladegeräte in die Abstellanlagen integriert.
- Hohe Anforderungen an Neubauten wie z. B. Einsatz von PV-Anlagen, Dachbegrünung, Verminderung von Flächenversiegelung usw. erschweren meist die Umsetzung von Bauvorhaben, insbesondere von Abstellanlagen.
- In diesem Vortrag wird nur die Gestaltung der Abstellanlagen (Halle, Carport oder Freiabstellung) und der Lade- bzw. Tankinfrastruktur betrachtet.

Brandschutz in Abstellanlagen

Brandverhalten von abgestellten Bussen:

- 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 (H₂, CO).
- Hitze und Rauch müssen nach oben abgeführt werden können, herkömmliche Hitze- und Rauchabzugsflächen sind dafür nicht ausreichend!
- Es wäre sinnvoll, Dächer möglichst leicht zu gestalten (nur Wetterschutz), um dem Feuer möglichst wenig Widerstand zu bieten (Verbesserung des Rauch- und Wärmeabzugs).
- Achtung: PV-Anlagen auf Dächern können nicht abgeschaltet werden!

Brandschutz in Abstellanlagen

Gestaltung von Brandabschnitten:

- Auch bei einer Freiabstellung muss auf eine Einteilung und die Abgrenzung in Brandabschnitte geachtet werden.
- Es kann zu Brandüberschlägen über Distanzen von weit mehr als 5 m kommen (Windverhältnisse).
- Fahrzeuge, Ladegeräte, Trafos usw. sollten zwingend in unterschiedlichen Brandabschnitten untergebracht werden.
- Zur Abgrenzung in Brandabschnitte könnte auch die Verwendung von Brandschutzvorhängen, auch in Verbindung mit Brandunterdrückungsanlagen, sinnvoll sein.
- Daten aus Fahrzeugen und Infrastruktur (z. B. BMA, Ladegeräte) sollten in gesonderten Brandabschnitten gespeichert werden.
- Eine unterirdische, brandgeschützte Kabel- und Leitungsführung in der Abstellanlage ist sinnvoll.
- Die zentrale Abschaltung von Infrastruktur und die dezentrale Wiederinbetriebnahme von Infrastruktur sind sinnvoll.

Brandschutz in Abstellanlagen

Halle – Carport – Freiabstellung:

Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Busabstellhallen sind in der Regel Sonderbauten, für die ein Brandschutzkonzept erstellt werden muss. Bei der Planung sollte die Feuerwehr und der Gebäudeversicherer mit einbezogen werden.
- Die frühzeitige Erkennung von Bränden ist zwingend notwendig, sowohl im Bus (Batterie) als auch in der Ladeinfrastruktur!
- Es ist daher sinnvoll, die Zelltemperatur und die Zellspannung beim Ladevorgang laufend zu überwachen und bei Unregelmäßigkeiten den Ladevorgang automatisch zu unterbrechen.
- Dabei sollte eine Meldung durch das Batterie-Management-System (BMS) über das Lade-Management-System zu einer ständig besetzten Leitstelle erfolgen.
- Durch die geschlossene Bauweise der Batterien ist ein Brand erst spät erkennbar.
- Die frühzeitige Auslösung der gebäudeseitigen Brandmeldeanlage (mit genauer Ortung) und, falls vorhanden, der automatischen Brandunterdrückungsanlage (Sprinkleranlage bzw. HD-Wassernebel) sollte sichergestellt werden. Die Daten aus der BMA sollen separat gespeichert werden.

Brandschutz in Abstellanlagen

Halle – Carport – Freiabstellung:

Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Man kann davon ausgehen, dass bei einem Brand in einer Abstellanlage alle Busse in einem Brandabschnitt vernichtet werden.
- Es ist daher sinnvoll, die Brandabschnitte bzw. in einem Bereich abgestellten Busse sowohl in Hallen als auch in Carports und bei Freiaufstellung auf ca. 20 Busse zu begrenzen. 20 Busse stellen eine Zahl von Bussen dar, die versicherungstechnisch und organisatorisch handhabbar ist. Dies wird von Versicherungen empfohlen.
- Falls notwendig, müssen Feuerwehrumfahrungen und Feuerwehreinfahrten vorgesehen werden bzw. es müssen Feuerwehraufstellflächen vorgehalten werden.
- Zusätzliche Ein- und Ausfahrten sollten vorgesehen werden.
- Die zentrale (leicht zugänglich) Abschaltung der Druckluftversorgung, Ladeinfrastruktur und Stromversorgung für die Abstellbereiche sollte vorgesehen werden.
- Löschwasser muss in ausreichender Menge verfügbar sein.

Brandschutz in Abstellanlagen

Halle – Carport – Freiabstellung:

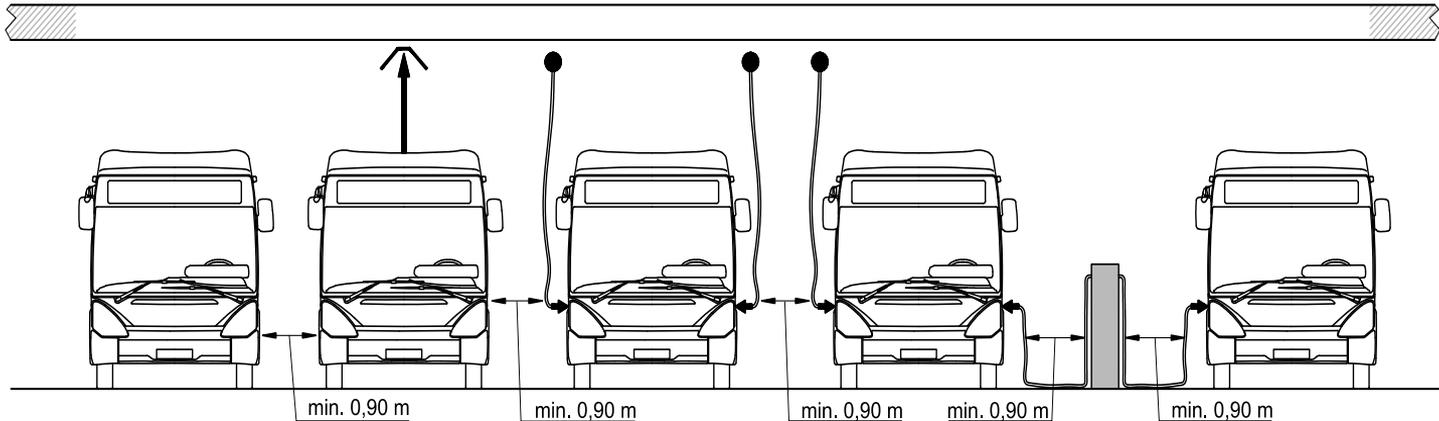
Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Hallen und Carports behindern Löscharbeiten und das Kühlen der Batterien.
- Hallen und Carports sind nach einem Brand meist ein- bzw. umsturzgefährdet, dies kann zur Sperrung von Verkehrswegen im Bhf. führen. Es ist sinnvoll dies bei der Planung zu berücksichtigen.
- Hitze und Rauch müssen nach oben abgeführt werden können, herkömmliche Hitze- und Rauchabzugsflächen sind dafür nicht ausreichend!
- Es wäre sinnvoll, Dächer möglichst leicht zu gestalten (nur Wetterschutz) um dem Feuer möglichst wenig Widerstand zu bieten (Verbesserung des Rauch- und Wärmeabzugs).
- Achtung: PV- Anlagen auch Dächern können nicht abgeschaltet werden!
- Die Erstellung eines Notfallkonzeptes ist sinnvoll. Es sollten dabei auch alternative Abstellflächen außerhalb des Betriebshofs und Alternativen für die Versorgung der Fzg. vorgesehen werden.

Brandschutz in Abstellanlagen

Breite von Verkehrswegen:

- Der in der Arbeitsstätten-Richtlinie (ASR) geforderte Mindestabstand von 0,9 m (neuer Wert) für Verkehrswege muss eingehalten werden (auch bei angestecktem Ladekabel). Dies ist in Bestandsgebäuden häufig schwer umsetzbar.



Quelle: VDV-Schrift 825 „Anforderungen an Betriebshöfe und Werkstätten beim Einsatz von Linienbussen mit sauberen und/oder emissionsfreien Antrieben“

Brandschutz in Abstellanlagen

Carport (nur Dach):

- Der Abstand zwischen Carports muss ausreichend groß bemessen werden, um einen Feuerüberschlag, auch bei Wind, verhindern zu können.

Carport (nur Dach) und Freiaufstellung:

- Zur Vorkonditionierung des Fahrgastinnenraums bzw. der Batterie werden teilweise große Energiemengen benötigt. Dies muss bei der Auslegung der Ladeinfrastruktur und der Abstellanlage berücksichtigt werden.

Freiaufstellung:

- Auch bei einer Freiaufstellung kann eine Abtrennung mit Brandwänden sinnvoll sein.
- Durch den Einfluss von Wind können auch weiter entfernt stehende Busse durch den Flammenüberschlag anderer brennender Busse entzündet werden.

Brandschutz in Abstellanlagen

Lade- bzw. Tankinfrastruktur:

- Es ist sinnvoll, die Ladeinfrastruktur, z. B. Ladegeräte, in einem Raum (separater Brandabschnitt) unterzubringen. Die Daten aus der Ladeinfrastruktur soll separat gespeichert werden.
- Die Verwendung von Brandmeldeanlagen und Löschanlagen ist sinnvoll.
- Lade- und Tankinfrastruktur muss weiterhin nutzbar sein.

Stationärer Batteriespeicher (Second-Life-Nutzung):

- Stationäre Batteriespeicher müssen auch brandschutztechnisch behandelt werden.
- Hochwasserschutz ist hier besonders wichtig.

sonstige Punkte:

- Gefahren durch Hochwasser müssen zukünftig ebenfalls beachtet werden.
- Vereinbarungen mit den Kommunen bezüglich der Vorhaltung von Diesel usw. für den Bevölkerung- und Katastrophenschutz müssen berücksichtigt werden.

Flächen und Infrastruktur für die Feuerwehr

Brandschutz auf Betriebshöfen

Flächen und Infrastruktur für die Feuerwehr

Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Eine zielführende Brandbekämpfung ist oftmals wegen der hohen Brandausbreitungsgeschwindigkeit nicht möglich. Verhinderung der weiteren Brandausbreitung!
- Falls notwendig, müssen Feuerwehrumfahrungen und Feuerwehreinfahrten vorgesehen werden bzw. es müssen Feuerwehraufstellflächen im Betriebshof vorgehalten werden.
- Zusätzliche Ein- und Ausfahrten für den Betrieb sollten vorgesehen werden.
- Die zentrale (leicht zugänglich) Abschaltung der Druckluftversorgung, Ladeinfrastruktur und Stromversorgung für die Abstellbereiche sollte vorgesehen werden.
- Hallen und Carports sind während oder auch nach einem Brand meist ein- bzw. umsturzgefährdet, dies kann zur Sperrung von Verkehrswegen im Betriebshof führen. Es ist sinnvoll, dies bei der Planung zu berücksichtigen.
- Löschwasser muss in ausreichender Menge verfügbar sein.
- Die Integration einer Löschwasserrückhalteeinrichtung könnte gefordert werden.
- Es muss sichergestellt werden, dass die Feuerwehrinfrastruktur ungehindert genutzt werden kann.

Auf wie viele Busse kann verzichtet werden?

Brandschutz auf Betriebshöfen

Auf wie viele Busse kann verzichtet werden?

Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Man kann davon ausgehen, dass bei einem Brand in einer Abstellanlage alle Busse in einem Brandabschnitt vernichtet werden.
- Das oberste Ziel besteht darin, den störungsfreien Betrieb, auch nach einem Brandereignis, zu gewährleisten (Business Continuity Management).
- Es ist daher sinnvoll, die Brandabschnitte bzw. in einem Bereich abgestellten Busse sowohl in Hallen als auch in Carports und bei Freiaufstellung auf eine bestimmte Zahl von Bussen zu begrenzen.
- Vor einigen Jahren wurde von Versicherungen die Abstellung von 20 Bussen in einem Brandabschnitt empfohlen.
- Dieser Zahlenwert muss sehr individuell ermittelt werden und ist abhängig vom Fahrzeugbestand, von der Fahrzeugreserve, dem Einsatzprofil, der ÖPNV-Struktur, den baulichen Rahmenbedingungen und den Möglichkeiten zur kurzfristigen Anmietung von Bussen.
- Es wird empfohlen, die Feuerwehr und die Versicherungen bei der Ermittlung des Zahlwertes mit einzubeziehen.

Was ist nach einem Brand?

Brandschutz auf Betriebshöfen

Was ist nach einem Brand?

Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Die Erstellung eines Notfallkonzeptes und von Notfahrplänen ist sinnvoll und auch notwendig (Plan B).
- Die Vorgehensweisen, wie sie in einem Business Continuity Management (BCM) vorgesehen werden, können hier hilfreich sein. Der VdS und die VBG stellen hierzu auch Schriften zur Verfügung.
- Es sollten dabei auch alternative Abstellflächen außerhalb des Betriebshofs und Alternativen für die Versorgung der Fzg. vorgesehen werden.
- Die kurzfristige Erstellung von Ladeinfrastruktur bzw. Tankinfrastruktur für Wasserstoffbusse auf einem „neuem“ Gelände ist nicht möglich. Das Ausweichen auf andere Betriebshöfe wird in diesem Fall notwendig sein.
- Es kann auch sinnvoll sein, sich mit benachbarten Verkehrsunternehmen auszutauschen und im Vorfeld Vereinbarungen zur gegenseitigen Hilfeleistung zu treffen.

Havarie- bzw. Beobachtungsplatz

Brandschutz auf Betriebshöfen

Havarie- bzw. Beobachtungsplatz

Einrichtung eines Havarie- bzw. Beobachtungsplatzes:

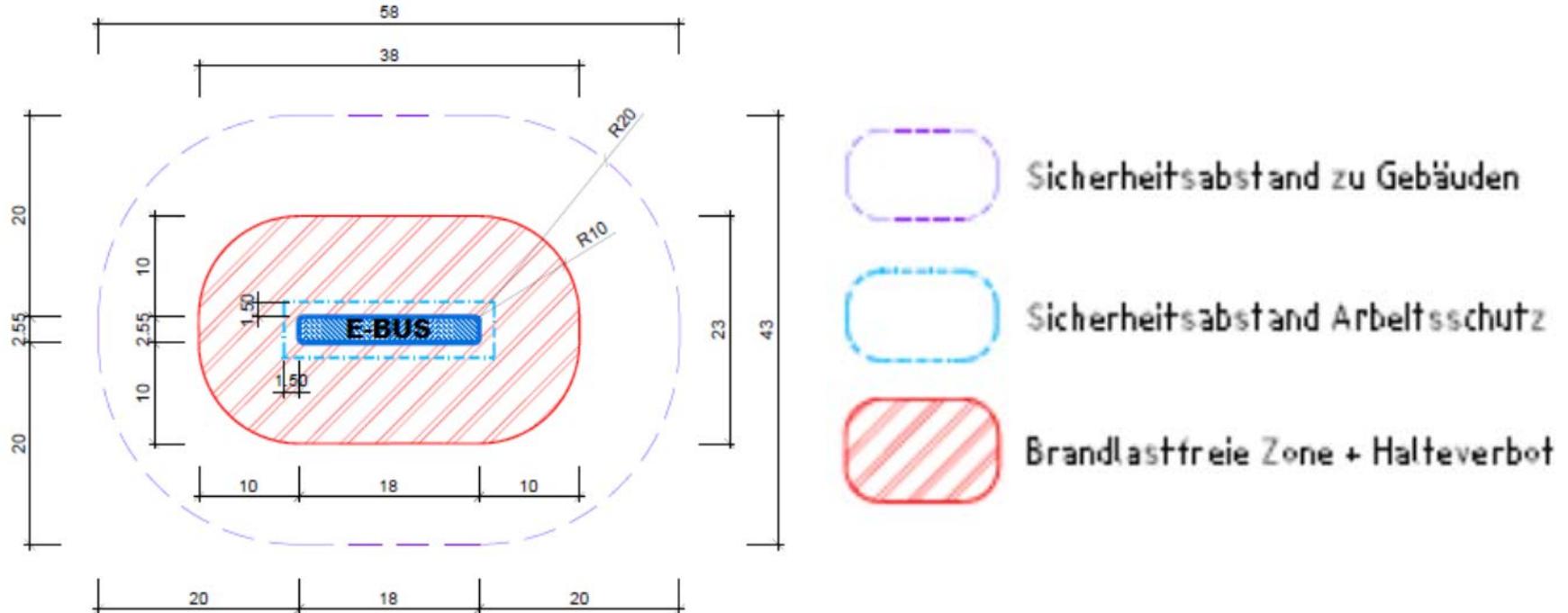
Ein Havarie- bzw. Beobachtungsplatz dient zur Abstellung und Beobachtung von verunfallten E-Fahrzeugen, bei denen eine Beschädigung der Batterie nicht ausgeschlossen werden kann. Genaue Vorgaben hierzu gibt es noch nicht.

Bei der Planung sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Bei der Auslegung des Havarieplatzes sollen die Feuerwehr, der Sachversicherer, ein Brandschutzgutachter und alle dazu benötigten Behörden mit einbezogen werden.
- Die Vorgaben des Fahrzeugherstellers müssen beachtet werden.
- Auf eine ausreichende Löschwasserversorgung und auf ausreichend große Aufstellflächen für die Feuerwehr sollte geachtet werden.
- Die Einrichtung einer Videoüberwachung (inkl. Wärmebildkameras) mit Aufschaltung auf eine dauerhaft besetzte Leitstelle ist sinnvoll.
- Auf eine ausreichende Beleuchtung sollte geachtet werden.
- Bei auf Havarieplätzen abgestellten E-Bussen ist es sinnvoll, die Zelltemperatur und die Zellspannung (z. B. über eine Schnittstelle) zu überwachen.

Havarie- bzw. Beobachtungsplatz

Einrichtung eines Havarie- bzw. Beobachtungsplatzes:



Quelle: Beobachtungsplatz – Sicherheitsabstände, BVG, Feuerwehr Berlin

Fazit

Erkenntnisse aus den Busbränden in Deutschland:

- E- Busse (Batterie und Wasserstoff) stellen aus der Sicht des Brandschutzes im Vergleich zu Dieselnissen keine höhere Gefährdung dar.
- Über das Batterie-/ Lade- und Betriebshofmanagementsystem wird zukünftig die Überwachung der Batterien möglich sein-
- Der Brandschutz im Betriebshof muss ganzheitlich neu betrachtet und bewertet werden.
- Es wird zukünftig mehr Platz für die Abstellung von E- Bussen und der Infrastruktur des ÖPNV (Betriebshof und Ladeinfrastruktur im Bediengebiet) im urbanen Raum benötigt werden.
- Die Abtrennung/ Einteilung in Brandabschnitte stellt eine wirksame Schutzmaßnahme zur Reduzierung von Brandschäden dar. Man muss davon ausgehen, dass alle Busse in einen Brandabschnitt im Brandfall vernichtet werden.
- Im Rahmen der Planung von Neu- oder Umbaumaßnahmen soll eine Abstimmung aller beteiligten Stellen wie z.B. des Betreibers, der Feuerwehr, der Versicherungen und des Brandschutzbeauftragten/ Brandschutzplaners erfolgen.

Wie könnten zukünftige Busbetriebshöfe aussehen?

- Es kann sinnvoll sein, einen großen Betriebshof durch mehrere kleine Betriebshöfe zu ersetzen (mögliche Redundanz von Ladeinfrastruktur bzw. Wasserstofftankinfrastruktur/zulässige Lagermengen).
- Nach einem Brandereignis könnten „heimatlose“ E-Busse auf mehrere andere Betriebshöfe aufgeteilt werden.
- Kleinere Grundstücke für neue Betriebshöfe sind meist leichter verfügbar als größere Grundstücke.
- Mehrere kleinere Betriebshöfe könnten auch sinnvoller im Bediengebiet platziert werden.
- Reduzierung von Aus- und Einrückwegen.
- Wohnortnaher Einsatz von Fahr- und Werkstattpersonal ist möglich.
- Nachteil: wirtschaftlich meist nicht optimal realisierbar.

Hilfreiche Dokumente:

Die angeführten Dokumente sind verfügbar unter:

- VDV- Schrift 825 „Anforderungen an Betriebshöfe und Werkstätten beim Einsatz von Linienbussen mit sauberen und/oder emissionsfreien Antrieben“

<https://knowhow.vdv.de/documents/825/>

- VdS- Schrift: VdS 0825: 2023-β3 (01) „Brandschutz in Betriebshöfen für Linienbusse“

<https://shop.vds.de/publikation/vds-0825>

- VdS-Schrift 3821 : 2018-03 (01) Business Continuity Management - Hinweise für Unternehmen

<https://shop.vds.de/publikation/vds-3821>

The poster features a dark blue background with a light blue border. The text is arranged in a clear, hierarchical layout. The main title 'RISIKODIALOG 2023' is at the top in large, bold letters. Below it, three topics are listed: 'busdepots', 'brandschutz', and 'elektromobilität'. The date and location '6. September in Bochum' are centered. The URL 'www.hdn-online.de/risikodialog-2023' is prominently displayed in orange. At the bottom, the logos for HDN, HDNA, and VVE are shown, along with the slogan 'Gemeinsamkeit ist unsere Stärke.'

RISIKODIALOG 2023

busdepots | brandschutz | elektromobilität

6. September in Bochum

Ihr Weg zur Veranstaltung + weitere Infos:
www.hdn-online.de/risikodialog-2023

HDN | HDNA | VVE
Gemeinsamkeit ist unsere Stärke.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Reitmeier
Fachbereichsleiter Betriebshöfe und Werkstätten
und Elektromobilität

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)
Kamekestraße 37 – 39 | 50672 Köln

M 0163 57979-39

reitmeier@vdv.de | www.vdv.de