
Erkenntnisse aus den Busbränden in Deutschland

VöV Bustagung- Bus22 am 17. Mai 2022 in Freiburg

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Reitmeier

Gliederung

- **Busbrände – Zahlen, Ursachen, Hintergründe**
- **Brandlast – Brandverhalten**
- **Brandschutz in Abstellanlagen**
- **Havarie- bzw. Beobachtungsplatz**
- **Fazit**
- **VDV- Schriften/ Mitteilungen**

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Erkenntnisse aus den Busbränden in Deutschland

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)
- 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
- Fehler/ Schäden in der Ladeinfrastruktur
- Fehler/ Schäden an der gebäudeseitigen Elektrik oder anderer Infrastruktur
- Entzündung von Brandlast in der Abstellung
- Brandstiftung

Fahrzeugseitiger Brandschutz:

- grundsätzlich in der ECE R 107 geregelt
- freiwillige Einhaltung der ECE R 118 (gilt nicht bei Klasse M3 I Bussen, Stadtlinienbus)
- VDV Mitteilung 2303 Empfehlung zur Verhinderung von Brandschäden bei Linienbussen

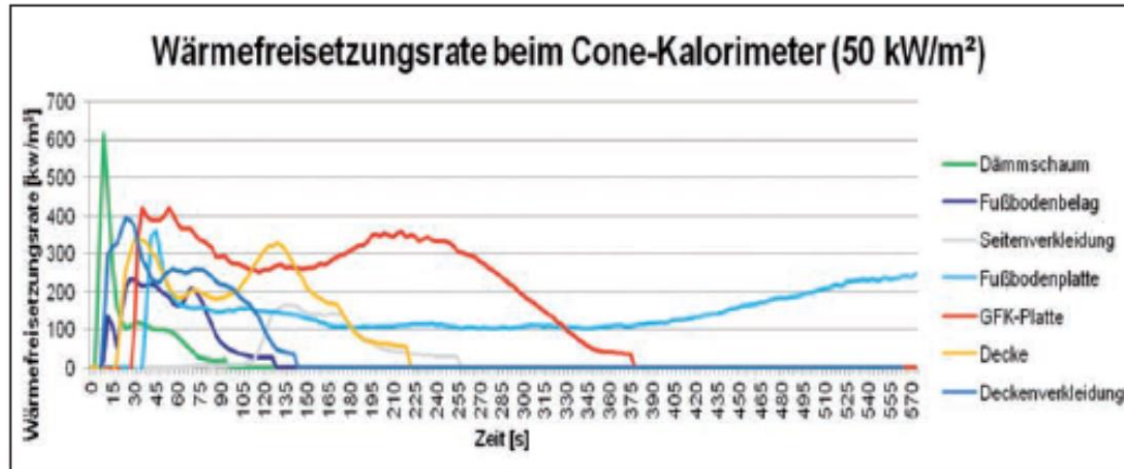
Brandlast- Brandverhalten

Erkenntnisse aus den Busbränden in Deutschland

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:

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

Brandlast- Brandverhalten



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

Quelle: YouTube

Brandschutz in Abstellanlagen

Erkenntnisse aus den Busbränden in Deutschland

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, z. B. 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 in der Batterie 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:

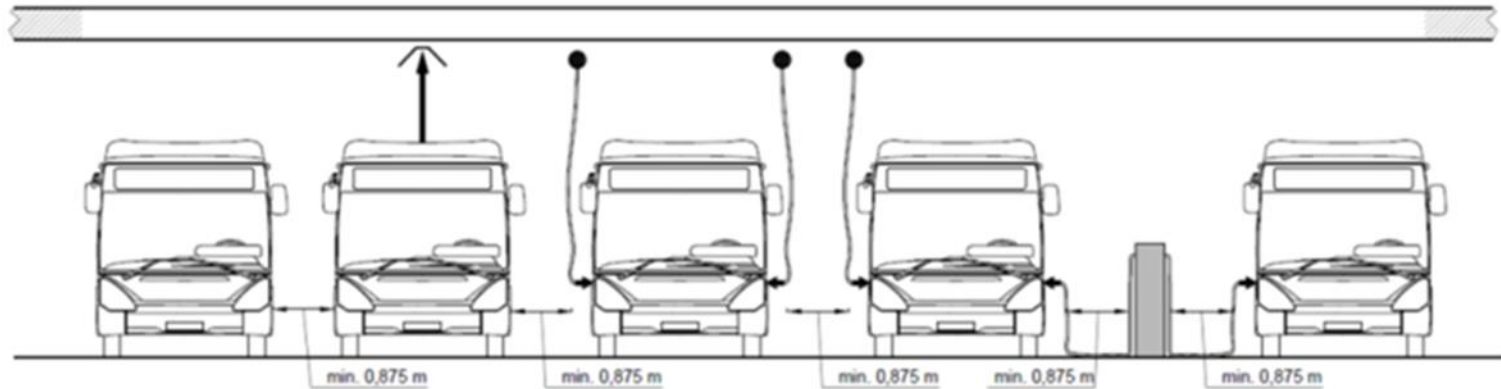
Allgemeine Punkte (auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse):

- Hallen und Carports behindern Löscharbeiten und das Kühlen der Batterien.
- Busse müssen weggefahren werden können. Die Feuerwehr muss den Brandherd erreichen können.
- 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

Abstellung in Hallen und Carport (nur Dach):

- 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.
- Bei der Verwendung von Wasserstoff sind Explosionsschutz-Einrichtungen (ATEX) vorzusehen.



Quelle: VDV-Schrift 825 „Auswirkungen der Clean Vehicles Directive im Linienbus auf Betriebshöfe und Werkstätten“

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.

Havarie- bzw. Beobachtungsplatz

Erkenntnisse aus den Busbränden in Deutschland

Havarie- bzw. Beobachtungsplatz

Einrichtung eines Havarie- bzw. Beobachtungsplatzes:

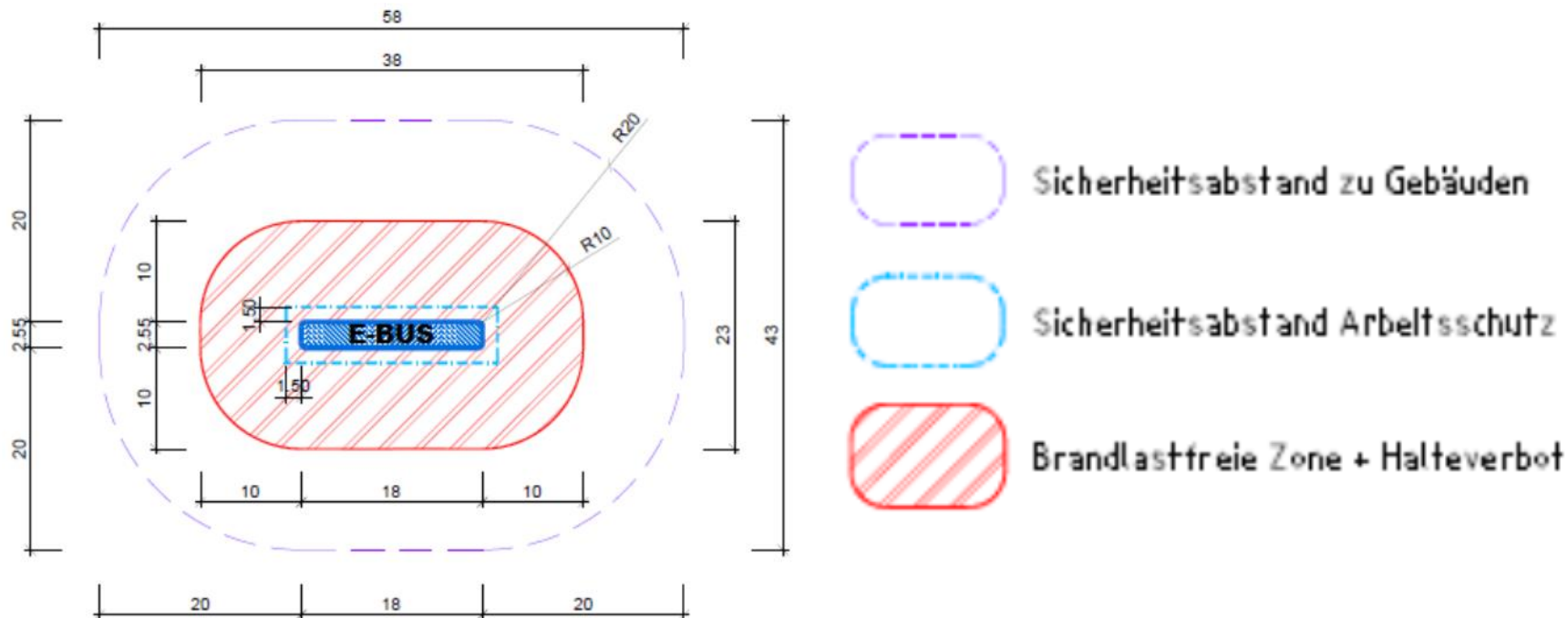
Ein Havarie- bzw. Beobachtungsplatz dient zur Abstellung und Beobachtung von verunfallten E-Fahrzeugen, bei denen eine Beschädigung der Batterie nicht ausgeschlossen werden kann. Genaue Vorgaben hierzu gibt es noch nicht.

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.

Havarieplatz

Einrichtung eines Havarieplatzes:



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.
- 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.

VDV- Schriften/ Mitteilungen:

Die angeführten Dokumente sind verfügbar unter:

- VDV- Schrift 825 Auswirkungen der „Clean Vehicles Directive“ im Linienbus auf Betriebshöfe und Werkstätten (wird gerade aktualisiert):

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

- VDV- Mitteilung 2303 Empfehlung zur Verhinderung von Brandschäden bei Linienbussen

<https://knowhow.vdv.de/documents/2303/>

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 +49 163 57979-39

reitmeier@vdv.de | www.vdv.de