



VBG-Fachwissen

Elektromobilität – Arbeiten an Omnibussen mit Wasserstoff- oder Hochvoltssystemen

Leitfaden für ein betriebliches Konzept

Die in dieser Publikation enthaltenen Lösungen schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gefunden haben können.

VBG – Ihre gesetzliche Unfallversicherung

Von A wie Architekturbüro bis Z wie Zeitarbeitsunternehmen – über 1,7 Millionen Unternehmen aus mehr als 100 Branchen sind Mitglied der gesetzlichen Unfallversicherung VBG. VBG ist die Kurzbezeichnung für die Verwaltungs-Berufsgenossenschaft. Sie ist eine der neun auf Branchen ausgerichteten gewerblichen Berufsgenossenschaften in Deutschland. Die VBG steht ihren Mitgliedern in zwei wesentlichen Bereichen zur Seite: bei der Prävention von Arbeitsunfällen, Wegeunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren sowie bei der Unterstützung im Schadensfall. Im Jahr 2023 wurden knapp 401.000 Unfälle und Berufskrankheiten registriert. Die VBG kümmert sich darum, dass Versicherte bestmöglich wieder zurück in den Beruf und ihr soziales Leben finden. Knapp 2.400 Beschäftigte an elf Standorten arbeiten an dieser Aufgabe mit. Darüber hinaus finden in den sechs Akademien die VBG-Seminare für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit statt. Neben Präsenz-Seminaren bietet die VBG auch verstärkt Online-Seminare für eine ortsunabhängige Weiterbildung an.

Weitere Informationen: www.vbg.de



Elektromobilität – Arbeiten an Omnibussen mit Wasserstoff- oder Hochvoltsystemen

Leitfaden für ein betriebliches Konzept

Inhalt

Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Begriffsbestimmungen	10
3 Infrastruktur	13
3.1 Hochvolt	13
3.1.1 Fahrzeug-Beschaffung	13
3.1.2 Errichtung der Ladeinfrastruktur	14
3.1.3 Werkstatteinrichtung	15
3.2 Zusätzliche Anforderungen bei Arbeiten an Wasserstoffbussen	19
3.2.1 Schutzmaßnahmen Wasserstoff	19
3.2.2 Arbeits-, Abstell- und Entleerungs-Plätze	19
3.2.3 Tank- und Ladeinfrastruktur/Betriebsreserven/Lagerung	20
3.2.4 Zusätzliche Werkstattausstattung	20
3.3 Brandschutz	21
3.3.1 Vorbeugender Brandschutz	21
3.3.2 Brandbekämpfung (Lithium-Ionen-Batterien)	23
4 Betriebliches Konzept	25
4.1 Organisation	25
4.1.1 Verantwortung	25
4.1.2 Gefährdungsbeurteilungen	25
4.1.3 Betriebsanweisungen	28
4.1.4 Unterweisungen	28
4.1.5 Erste Hilfe	29
4.1.6 Gesundheitliche Eignung	29
4.1.7 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	30
4.2 Hochvolt	31
4.2.1 Verantwortliche Elektrofachkraft	31
4.2.2 Gefährdungsbeurteilungen Hochvolt	32
4.2.3 Betriebsanweisungen Hochvolt	36
4.2.4 Unterweisung Hochvolt	36
4.2.5 Qualifikationen Hochvolt	37
4.3 Wasserstoff	39
4.3.1 Gefährdungsbeurteilungen Wasserstoff	39
4.3.2 Betriebsanweisungen Wasserstoff	40
4.3.3 Unterweisung Wasserstoff	40
4.3.4 Qualifikationen Wasserstoff	41

5	Qualifizierung	43
5.1	Hochvolt	43
5.1.1	HV-Bus-R: Sensibilisierte Person Hochvolt, für Reinigungstätigkeiten	44
5.1.2	HV-Bus-F: Sensibilisierte Person Hochvolt, für Fahrtätigkeiten	44
5.1.3	HV-Bus-EuP: Elektrotechnisch unterwiesene Person für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen	44
5.1.4	HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen	45
5.1.5	HV-Bus-Efk-AuS: Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen	46
5.1.6	HV-Bus-vEfk: Verantwortliche Elektrofachkraft für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen	46
5.1.7	HV-Bus-Ausbilderin oder -Ausbilder: Ausbilderin oder Ausbilder für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen	47
5.2	Wasserstoff	48
5.2.1	H ₂ -Bus-R: Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Reinigungstätigkeiten	48
5.2.2	H ₂ -Bus-F: Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Fahrtätigkeiten	48
5.2.3	H ₂ -Bus-FuP: Fachkundig unterwiesene Person für Arbeiten, die das Wasserstoffsysteem nicht betreffen	49
5.2.4	H ₂ -Bus-FP: Fachkundige Person für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen	49
6	Vorschriften, Regeln und Informationen	50
7	Glossar	52
8	Anhänge	54
8.1	Qualifikation für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen	54
8.2	Qualifikation für Arbeiten an Bussen mit Wasserstoffsysteemen	55
8.3	Qualifizierungsmaßnahmen für Arbeiten im spannungsfreien Zustand	56
8.4	Qualifizierungsmaßnahmen für Arbeiten unter Spannung	57
8.5	Qualifikationsmatrix Arbeiten an Hochvoltssystemen	58
8.6	Qualifikationsmatrix Arbeiten an Wasserstoffsysteemen	60
8.7	Qualifizierungsinhalte HV-Bus 1	62
8.8	Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-A	64
8.9	Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-B	65
8.10	Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-B-Aufbau	66
8.11	Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-C	67
8.12	Qualifizierungsinhalte HV-Bus 3	68
8.13	Checkliste für die Außerbetriebnahme des HV-Systems	70
8.14	Checkliste für die Inbetriebnahme des HV-Systems	71
8.15	Checkliste zur Erteilung der Berechtigung für Arbeiten unter Spannung	72
8.16	Checkliste Arbeiten unter Spannung Vorbereitung	73
8.17	Checkliste für die Klassifizierung von HV-Batterien	74
8.18	Muster-Bestellurkunde zur Beauftragung einer verantwortlichen Elektrofachkraft	76
8.19	Downloads auf www.vbg.de	78



Abbildung 1: E-Bus in einer Fahrzeughalle

Vorwort

Die Richtlinie 2009/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Förderung sauberer und energieeffiziente Straßenfahrzeuge (die sogenannte Clean Vehicles Directive, CVD) setzt verbindliche Mindestziele für die Beschaffung von emissionsarmen und -freien Bussen für den öffentlichen Personennahverkehr. Immer mehr Verkehrsbetriebe werden in den nächsten Jahren ihren Linienbetrieb teilweise oder vollständig auf Elektrobusse oder Wasserstoff- beziehungsweise Brennstoffzellenbusse umstellen. Diese Umstellung stellt viele Betriebe vor große Herausforderungen, da durch den Einsatz dieser Busse neuartige Gefährdungen entstehen, die eine Anpassung der Infrastruktur und der betrieblichen Abläufe, Beschaffung zusätzlicher Werkstattausrüstung und Zusatzqualifikation der Beschäftigten erforderlich machen. Die Auswirkungen der „Clean Vehicles Directive“ auf Linienbusse, Betriebshöfe und Werkstätten sind in der VDV-Schrift 825 beschrieben.

Die VBG unterstützt Verkehrsunternehmen des öffentlichen Personennahverkehrs bei der Einführung von Bussen mit Wasserstoff- oder Hochvoltssystemen und gibt mit diesem Leitfaden Hilfestellung und Handlungsanweisungen für ein betriebliches Konzept zur Einführung und zum sicheren Betrieb von Wasserstoff- und Hochvoltbussen sowie zur Anpassung der Infrastruktur. Dies umfasst neben rein elektrischen Bussen auch Hybrid- und Brennstoffzellenbusse.



Abbildung 2: Arbeiten an einer Traktionsbatterie

1 Anwendungsbereich

Dieser Leitfaden gilt für Verkehrsunternehmen des öffentlichen Personennahverkehrs. Er enthält Hilfen und Hinweise für Infrastrukturmaßnahmen und die Festlegungen technischer, organisatorischer und personenbezogener Maßnahmen bei der Einführung von Omnibussen mit Wasserstoff- oder HV-Systemen.

Bei der Instandhaltung von HV-Bussen sind, in Abhängigkeit von den durchzuführenden Arbeiten, Anpassungen in folgenden Bereichen notwendig:

- Infrastruktur und Technik,
- Organisation sowie
- Qualifikation und Qualifizierung des Personals.

Der Aufbau der elektrischen Antriebsstränge von Omnibussen mit Hochvoltssystemen (HV-Busse), **zu denen auch Brennstoffzellenbusse zählen**, unterscheidet sich deutlich vom Aufbau der elektrischen Antriebsstränge von HV-Pkw. Omnibusse mit Hochvoltssystemen sind äußerst komplex, sehr unterschiedlich und teilweise nicht HV-eigensicher aufgebaut. Die Traktionsbatterien verfügen über einen sehr hohen Energieinhalt und es treten hohe Spannungen, Ströme sowie elektrische Leistungen auf. Darüber hinaus handelt es sich um komplexe Nutzfahrzeuge für den Personennahverkehr.

Technische Fehler können verheerende Auswirkungen auf die Fahrgäste, das Personal oder, bei einem Brand, auf die Infrastruktur der Betriebshöfe haben. An das Fachpersonal in den Betriebshöfen des öffentlichen Personennahverkehrs werden deshalb höhere Anforderungen gestellt als von der DGUV Information 209-093 für Arbeiten an HV-Serienfahrzeugen vorgegeben.

Verantwortliche Personen müssen sich vor der Anschaffung von HV-Bussen **oder Wasserstoffbussen** mit verschiedenen Aspekten der Infrastruktur und Technik, der Organisation sowie der Qualifizierung des Personals auseinandersetzen. Bevor an **Hochvoltbussen** gearbeitet werden darf, müssen im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen alle Gefährdungen ermittelt werden, um die passenden Qualifizierungs- und Schutzmaßnahmen ableiten zu können.

2 Begriffsbestimmungen

Aktive Teile

Aktive Teile sind Leiter und leitfähige Teile der Betriebsmittel, die unter normalen Betriebsbedingungen unter Spannung stehen.

Arbeiten an HV-/elektrischen Anlagen

Unter diesen Begriff fallen alle Tätigkeiten, die auf das Herstellen, Errichten, Ändern und Instandhalten elektrischer Anlagen und Betriebsmittel ausgerichtet sind. Dies gilt insbesondere für Arbeiten an Omnibussen mit Hochvoltssystemen (HV-Bussen).

Unter den Begriff „Arbeiten“ fallen solche Tätigkeiten, die für die Sicherheit und Funktion der Anlage oder des Betriebsmittels entscheidend sind und nicht selten ohne vollständigen Berührungsschutz durchgeführt werden müssen, insbesondere bei dem Instandhalten und Reinigen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel. Arbeiten an elektrischen Anlagen sind grundsätzlich alle Tätigkeiten, die nach § 3 Absatz 1 Satz 1 DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ ausschließlich von **Elektrofachkräften** oder unter deren **Leitung und Aufsicht** durchgeführt werden dürfen.

Arbeiten unter Spannung am HV-System (AuS)

Arbeiten unter Spannung sind alle Arbeiten am HV-System, bei denen Beschäftigte mit Körperteilen oder Gegenständen (Werkzeuge, Geräte, Ausrüstungen oder Vorrichtungen) unter Spannung stehende Teile berühren können oder wenn der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt ist und eine elektrische Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

ATEX Richtlinie

ATEX steht für **AT**mospheres **EX**plosibles. Die Richtlinien der Europäischen Union sind verbindlich für alle Anlagen und richten sich an Arbeitgeber. Sie beschreiben unter anderem Mindestanforderungen an Gesundheitsschutz und Sicherheit der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in explosionsgefährdeten Bereichen sowie an Messgeräte und Werkzeuge für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen.

Bedienen von Fahrzeugen

Das Bedienen von Fahrzeugen umfasst alle Tätigkeiten, die zum Führen des Fahrzeugs erforderlich sind, das Anschließen an Ladeeinrichtungen oder Tanken sowie das Kontrollieren und Nachfüllen von Betriebsstoffen.

Elektrische Gefährdung

Gefährdungen durch elektrischen Schlag sind ausgeschlossen, wenn das Berühren unter Spannung stehender Teile ungefährlich ist. Davon ist auszugehen, wenn an berührbaren Stellen eine der nachstehenden Bedingungen erfüllt ist:

- Die Spannung beträgt bei Frequenzen bis 500 Hz höchstens AC 25V oder DC 60V und entspricht den Anforderungen für die SELV (Schutzkleinspannung) oder für die PELV (Funktionskleinspannung) nach HD 60364-4-41.
- Bei Spannungen mit Frequenzen bis 500 Hz über AC 25V oder DC 60V ist der durch sie hervorgerufene Strom durch einen induktionsfreien Widerstand von 2kOhm nicht größer als AC 3mA effektiv beziehungsweise DC 12mA.
- Die Entladungsenergie ist nicht größer als 350 mJ.

Elektrofachkraft (EfK)

Als Elektrofachkraft im Sinne der Unfallverhütungsvorschrift (DGUV Vorschrift 3 und 4) „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (2005) gilt, wer aufgrund der

- fachlichen Ausbildung,
- Kenntnisse und Erfahrungen sowie
- Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen

die ihm oder ihr übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

Elektrotechnischer Laie oder elektrotechnische Laiin

Als elektrotechnischer Laie oder elektrotechnische Laiin gilt, wer weder Elektrofachkraft noch elektrotechnisch unterwiesene Person ist.

Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP)

Als elektrotechnisch unterwiesene Person gilt, wer durch eine Elektrofachkraft über die ihr oder ihm übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie hinsichtlich der notwendigen Schutzeinrichtungen, persönlichen Schutzausrüstungen und Schutzmaßnahmen unterwiesen wurde (DIN VDE 0105-100).

Fünf Sicherheitsregeln

Für das Herstellen der Spannungsfreiheit einer elektrischen Anlage existieren die fünf Sicherheitsregeln der Elektrotechnik:

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

Die ersten drei Sicherheitsregeln sind bei Arbeiten an HV-Systemen immer anzuwenden. Die vierte Sicherheitsregel muss bei Hochvoltfahrzeugen nur in seltenen Ausnahmefällen angewendet werden. Dies ist im Einzelfall festzulegen. Die fünfte Regel findet in der Hochvolttechnik nur bei Arbeiten unter Spannung Anwendung.

Fachkundig unterwiesene Person für Arbeiten, die das Wasserstoffsystem nicht betreffen (H₂-Bus-FuP)

Als unterwiesene Person gilt eine Person, die für die übertragenen Arbeiten qualifiziert und regelmäßig unterwiesen wird. Als fachkundig unterwiesen für Arbeiten, die das Wasserstoffsystem nicht betreffen gilt eine Person im Sinne des Arbeitsschutzes, die über die möglichen Gefahren und die notwendigen Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an Wasserstoffsystemen und -komponenten informiert worden ist.

Fachkundige Person für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen (H₂-Bus-FP)

Gemäß § 2 (5) Betriebssicherheitsverordnung ist fachkundig, wer zur Ausübung einer bestimmten Aufgabe über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügt. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von der jeweiligen Art der Aufgabe. Zu den Anforderungen zählen eine entsprechende Berufsausbildung, Berufserfahrung oder eine zeitnah ausgeübte entsprechende berufliche Tätigkeit. Die Fachkenntnisse sind durch Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten.

Gefährdung

Gefährdung bezeichnet die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung ohne bestimmte Anforderungen an deren Ausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit.

Hochvolt (HV)

Hochvolt (HV) umfasst Spannungen

- von 60 V bis 1.500 V Gleichspannung (DC) oder
- von 30 V bis 1.000 V Wechselspannung (AC)

in der Fahrzeugtechnik, insbesondere bei Hybrid- und Brennstoffzellentechnologie sowie Elektrofahrzeugen (DGV Information 209-093).

HV-eigensicher

HV-eigensicher bedeutet, dass durch technische Maßnahmen am Fahrzeug ein vollständiger Berührungs- und Lichtbogenschutz gegenüber dem HV-System gewährleistet ist.

Dies kann insbesondere erreicht werden durch:

- Technisch sichere Abschaltung des HV-Systems
- Automatische Abschaltung und Entladung von Energiespeichern vor Erreichen unter Spannung stehender Teile
- Steckverbinder in lichtbogensicherer Ausführung
- Sichere Abschaltung des HV-Systems bei Entfernen von Abdeckungen des HV-Systems

Leitung und Aufsicht

Leitung und Aufsicht umfasst alle Tätigkeiten, die erforderlich sind, damit Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln von Beschäftigten, die nicht die Kenntnisse und Erfahrungen einer Elektrofachkraft besitzen, sachgerecht und sicher durchgeführt werden können. Leitung und Aufsicht für elektrotechnische Arbeiten kann nur durch eine Elektrofachkraft wahrgenommen werden.

Sensibilisierte Person Hochvolt (HV-Bus)

Sensibilisierte Person Hochvolt ist, wer für das Bedienen oder Reinigen von HV-Fahrzeugen und HV-Komponenten auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch hingewiesen worden ist.

Sensibilisierte Person Wasserstoff (H₂-Bus)

Sensibilisierte Person Wasserstoff ist, wer für das Bedienen oder Reinigen von H₂-Fahrzeugen und H₂-Komponenten auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch hingewiesen worden ist.

Verantwortliche Elektrofachkraft (vEFK)

Verantwortliche Elektrofachkraft ist, wer als Elektrofachkraft die Fach- und Aufsichtsverantwortung übernimmt und vom Unternehmer oder der Unternehmerin dafür beauftragt ist. Bei der Erfüllung ihrer Aufgaben ist die verantwortliche Elektrofachkraft hinsichtlich ihrer fachlichen Aufgaben weisungsfrei.

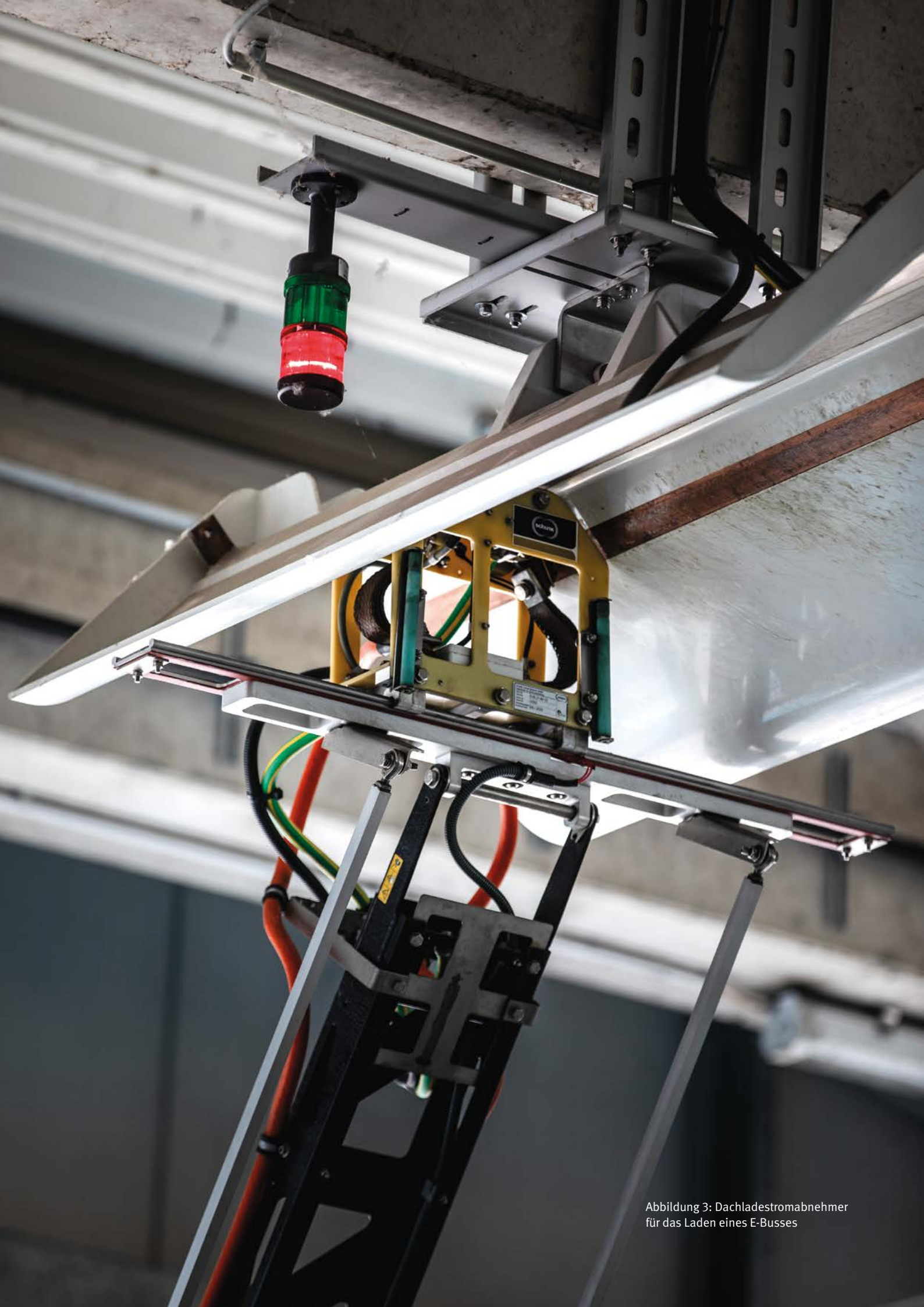


Abbildung 3: Dachladestromabnehmer für das Laden eines E-Busses

3 Infrastruktur

3.1 Hochvolt

3.1.1 Fahrzeug-Beschaffung

Da Hochvoltbusse verschiedener Hersteller große Unterschiede aufweisen, sind bei der Planung und der Anschaffung von Hochvoltbussen folgende Aspekte zu berücksichtigen, um langfristig einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten:

- Ladesysteme/Ladetechnik
- Benötigte Spezialwerkzeuge und/oder Messgeräte
- Positionierung der HV-/Antriebsstrang- Komponenten
- Abmessungen für Arbeits-, Reinigungs-, Abstell- und gesicherte Ruheflächen
- Verfügbarkeit von Wartungs-/Service-/Hersteller-informationen
- Verschiedene Spannungsebenen
- Batteriekapazitäten (beziehungsweise Reichweiten und Ladezeiten)

- Unfall- und Pannenmanagement (Abschleppmöglichkeiten)
- Arten von Antriebsenergien (batterieelektrisch, Hybrid mit Verbrennungsmotor, Wasserstoff)

In der VDV-Schrift 825 „Anforderungen an Betriebshöfe und Werkstätten beim Einsatz von Linienbussen mit sauberen und/oder emissionsfreien Antrieben“ werden die Anforderungen beschrieben, die sich aus dem Einsatz von Bussen mit alternativen Antrieben ergeben.

Die VDV-Schrift 822 enthält eine „Richtlinie für den Bau von Omnibus-Betriebshöfen“. Sie gibt wertvolle Hinweise für den Neu- beziehungsweise Umbau von Betriebshöfen.



Abbildung 4: Trafostation



Abbildung 5: Depotladen

3.1.2 Errichtung der Ladeinfrastruktur

Insbesondere batterieelektrisch angetriebene Busse benötigen sehr hohe Ladeleistungen für kurze Ladezeiten. Um auch für mehrere Busse eine ausreichend hohe Anschlussleistung zur Verfügung stellen zu können, werden gegebenenfalls Mittelspannungsanlagen beziehungsweise Transformatoren zur Spannungsumwandlung benötigt. Eine Absprache mit dem lokalen Energieversorger ist daher in der Regel unerlässlich.

Neben der benötigten Anschlussleistung sind die verwendeten Ladesysteme und vorgesehenen Ladestrategien zu beachten. Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Strategien zum Laden von Elektrobusen:

- Das Zwischenladen (opportunity charging), bei dem regelmäßig im laufenden Betrieb nachgeladen wird
- Das Depotladen (overnight charging), bei dem die Busse während längerer Standzeiten, beispielsweise über Nacht, geladen werden (Abbildung 5)

Als Ladesystem verwenden die meisten Hochvoltbusse konduktive, kabelgebundene Ladesysteme (CCS-Stecker) oder Ladesysteme mit Stromabnehmer (auch Pantograph genannt). Darüber hinaus gibt es weitere Ladesysteme, die vereinzelt Anwendung finden, wie das induktive Laden.

Viele Betriebe nutzen das Depotladen und richten die Ladeinfrastruktur so ein, dass die Busse bei längeren Standzeiten (zum Beispiel über Nacht) im Depot geladen werden. Bei der Planung der Abstellplätze ist darauf zu achten, dass Abstände und Wegbreiten ausreichend dimensioniert werden. Die aus der geplanten Aufstellung der Fahrzeuge resultierenden Platzverhältnisse müssen die Einhaltung der Versicherungsvorgaben zulassen und ausreichend breite Verkehrs-, Flucht- und Rettungswege bieten. Gemäß der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR A1.8 Verkehrswege) sind, bei einer Anzahl von bis zu fünf Personen, für Verkehrswege lichte Mindestbreiten von 0,9 m vorzusehen. Diese lichte Mindestbreite muss auch dann gegeben sein, wenn das Fahrzeug an der Ladeinfrastruktur angeschlossen ist. Bei Fahrzeugen mit konduktiven Ladesystemen und seitlich montiertem Ladeanschluss kann durch den Ladestecker mit angeschlossenem Ladekabel ein Teil des Weges versperrt werden und ist damit nicht mehr als Verkehrsweg nutzbar. Dies ist bereits bei der Planung der Lademöglichkeiten sowie bei der Beschaffung der Busse zu berücksichtigen. Um eine Verringerung der Verkehrswegbreite zu minimieren, können Busse beispielsweise mit frontal positioniertem oder beidseitig montierten Ladesteckern ausgestattet werden. Entsprechende Anforderungen müssen bereits beim Kauf im Lastenheft mit dem Hersteller vereinbart werden. Eine weitere Möglichkeit sind Busse mit Stromabnehmer.



Abbildung 6: Arbeitsplatz für HV-Batterien

3.1.3 Werkstatteinrichtung

HV-Arbeitsplätze

Arbeitsplätze für Hochvoltbusse sollten mit praktischen Absperrmöglichkeiten ausgestattet sein. Insbesondere für Arbeiten unter Spannung (zum Beispiel an Batterien) muss der Arbeitsbereich gegen den unbeabsichtigten Zutritt von unbefugten Personen gesichert werden können.

Ausbauhilfen

Für die Montage und Demontage von HV-Komponenten mit hohem Gewicht sind Einrichtungen zur Lastenhandhabung und zum Lastentransport vorzusehen, wie hydraulische Aggregatheber und Deckenkräne im Bereich von Dacharbeitsständen. Vorhandene Ausbauhilfen können gegebenenfalls mit neuen Aufsätzen versehen und weiterhin genutzt werden.



Abbildung 7: Bearbeitung von HV-Komponenten unter Einsatz eines Deckenkrans



Abbildung 8: Busse im Dacharbeitsstand

Dacharbeitsstände

Bei Hybrid- und Elektrobusen befinden sich oftmals HV-Komponenten auf dem Fahrzeugdach. Für das Arbeiten an diesen Komponenten ist ein Dacharbeitsstand zwingend erforderlich. Dieser sollte stationär sein. Für einen Übergangszeitraum ist auch eine mobile Variante möglich. In einigen Unternehmen sind bereits Dacharbeitsstände für Arbeiten im Dachbereich von konventionellen Bussen vorhanden, die gegebenenfalls auch für HV-Busse angepasst und genutzt werden können.

Bei der Verwendung von Dacharbeitsständen ist es von zentraler Bedeutung, den Spalt zwischen Fahrzeugdach und Dacharbeitsstand so gering wie möglich zu halten, um ein Stolpern, Umknicken und unbeabsichtigtes Abstürzen der Beschäftigten zu vermeiden. Hierzu sind erweiterbare und verschiebbare Bühnenelemente oder aufblasbare Kissen geeignet. Zusätzlich ist eine umlaufende Absturzsicherung (Geländer) erforderlich, die einen Absturz sicher verhindert.

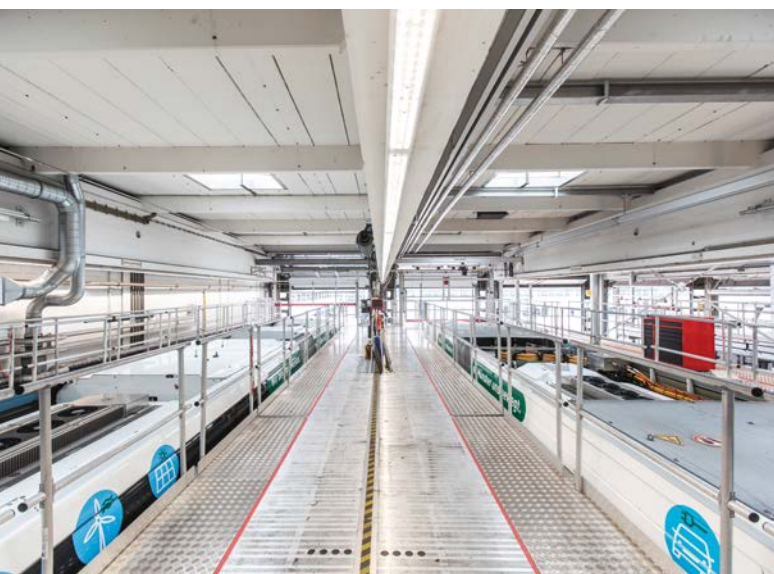


Abbildung 9: Stationärer Dacharbeitsstand mit Absturzsicherung

Wenn sich kein Fahrzeug im oder neben dem Dacharbeitsstand befindet, ist eine Absturzsicherung, zum Beispiel durch Sperrung des Aufgangs des Dacharbeitsstands, vorzusehen. Falls Arbeiten außerhalb der Absturzsicherung durchgeführt werden, muss persönliche Schutzausrüstung (PSA) gegen Absturz verwendet werden. Detaillierte Information zur Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz sind in der DGUV Regel 112-198 „Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz“ zu finden.

Vor dem Einsatz eines mobilen oder festinstallierten Dacharbeitsstandes sind in jedem Fall eine Gefährdungsbeurteilung und entsprechende Unterweisung durchzuführen, um die Sicherheit der Beschäftigten zu gewährleisten.

Messgeräte

Für die Instandhaltung von HV-Bussen sind in der Regel folgende Messgeräte für den gewerblichen Einsatz, zur Feststellung der Spannungsfreiheit, Fehlersuche und Isolations- beziehungsweise Potenzialausgleichsmessung nach ECE-R100 notwendig:

- Zweipoliger Spannungsprüfer, zur Feststellung der Spannungsfreiheit
- Vielfachmessinstrument, zur Fehlersuche und für Prüfarbeiten (mindestens CAT II und mindestens 10 MOhm Innenwiderstand bei DC-Spannungsmessungen empfohlen)
- Megaohmmeter, zur Überprüfung des Isolationswiderstands
- Milliohmmeter, zur Überprüfung des Potentialausgleichs (Vierleitermessung empfohlen)

Dabei können mehrere Funktionen in einem Messgerät vereint sein, zum Beispiel Vielfachmessinstrument mit Megaohmmeter und Milliohmmeter.

Spannungsprüfer

Bevor mit Arbeiten am HV-System oder an einer HV-Komponente begonnen werden darf, ist der spannungsfreie Zustand des HV-Systems herzustellen und nachzuweisen. Das Vorgehen zum Herstellen der Spannungsfreiheit ist durch technische Maßnahmen vom Fahrzeughersteller vorgegeben. Für das Feststellen der Spannungsfreiheit ist ein zweipoliger Spannungsprüfer einzusetzen. Bei der Auswahl des richtigen Spannungsprüfers ist zu berücksichtigen, dass er für die im HV-Fahrzeug vorliegenden Spannungen geeignet ist und den Sicherheitsanforderungen der EN 61243-3 (VDE 0682-401:2015-08) „Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer“ entspricht. Vielfachmessgeräte sind für die Feststellung der Spannungsfreiheit nicht geeignet.

Werkzeuge

Elektrotechnische Arbeiten unter Spannung erfordern den Einsatz von zugelassenen Werkzeugen, die für Spannungen bis 1.000 VAC/1.500 VDC geeignet sind. Für Arbeiten unter Spannung zugelassene Werkzeuge unterscheiden sich durch die rot-orange Farbgebung von herkömmlichem Werkzeug und besitzen zudem einen Aufdruck mit

- dem VDE-Kennzeichen und einem Doppeldreieck,
- Angabe der maximal zulässigen Spannung und
- Angabe der Prüfnorm.

Vor jeder Verwendung ist das Werkzeug auf einwandfreien Zustand zu prüfen und im Falle eines Defekts der weiteren Nutzung zu entziehen.



Abbildung 10: Isolierkappen



Abbildung 11: HV-Werkzeug



Abbildung 12: Mechanische Arbeiten,
die das HV-System nicht betreffen

3.2 Zusätzliche Anforderungen bei Arbeiten an Wasserstoffbussen

Wasserstoffbusse sind Omnibusse, deren Antriebsstrang Wasserstoffkomponenten enthält. Aktuell sind dies insbesondere Busse mit Brennstoffzelle, aber auch Fahrzeuge mit Wasserstoffverbrennungsmotor werden von einigen Herstellern entwickelt. Aktuell sind die Fahrzeuge meist mit einem elektrischen Lithium-Ionen- und einem chemischen Wasserstoff-

Energiespeicher sowie einem oder mehreren elektrischen Traktionsmaschinen und einer PEM-(Proton Exchange Membrane-)Brennstoffzelle ausgestattet. Für Brennstoffzellenbusse sind zusätzlich zu den Anforderungen für das Arbeiten an HV-Systemen weitere Anforderungen bezüglich des Wasserstoffsystems zu berücksichtigen.

3.2.1 Schutzmaßnahmen Wasserstoff

Für Arbeiten an Bussen mit Wasserstoffkomponenten sind gesonderte Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen. Insbesondere gegen die Gefährdungen durch unter Druck stehende Gase und gegen mögliche Explosionsgefährdungen sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen. Die ATEX Richtlinie 137 beschreibt Mindestanforderungen an Gesundheitsschutz und Sicherheit von Personen in explosionsgefährdeten Bereichen.



Abbildung 13: Warnschilder unter Druck stehende Gase und Explosionsgefährdung

3.2.2 Arbeits-, Abstell- und Entleerungs-Plätze

Technisch dichte Fahrzeuge können auch in geschlossenen Hallen ohne Weiteres abgestellt werden.

Sollten Arbeiten am Gassystem durchgeführt werden, können Freisetzen auftreten. Die Arbeitsbereiche sind daher mit entsprechenden Schutzmaßnahmen auszustatten. Um eine Gefährdung durch explosionsfähige Wasserstoffkonzentrationen zu verhindern, ist im Werkstattbereich eine geeignete Lüftung mit mindestens dreifachem Luftwechsel vorzusehen. Darüber hinaus sollten an den höchsten Stellen im Deckenbereich Wasserstoffsensoren montiert werden, die bereits bei geringen Wasserstoffmengen eine Warnung von Personen und die Einleitung weiterer Schutzmaßnahmen (zum Beispiel Erhöhung der Lüftungsrate und Abschaltung elektrischer Systeme) ermöglichen. Zusätzlich sollten Funkenbildung und Flammen verhindert werden, indem beispielsweise durch leitfähige Untergründe und Potentialausgleich einer statischen Aufladung entgegengewirkt wird.

Für Arbeiten an wasserstoffführenden Leitungen und Komponenten muss das System entleert werden. Für einige Arbeiten sind die wasserstoffführenden Teile zusätzlich zu inertisieren. Hierfür müssen entsprechende Plätze vorhanden sein, auf denen die Fahrzeuge gemäß Herstellervorgaben sicher entleert und die Gase ins Freie abgelassen werden können.

Weitere Hinweise zu Anforderungen an die technische Ausstattung von Werkstätten und die Umsetzung möglicher Schutzmaßnahmen im Umgang mit Fahrzeugen mit Wasserstoffsystemen befinden sich in der DGUV I 209-072 „Wasserstoffsicherheit in Werkstätten“ sowie in den TRGS 720–725 „Gefährliche explosionsfähige Gemische“.

3.2.3 Tank- und Ladeinfrastruktur/Betriebsreserven/Lagerung

Bei der Anschaffung von Wasserstoff- oder Brennstoffzellenbussen ist neben der batterieelektrischen Reichweite auch die Wasserstoffverfügbarkeit in der Umgebung zu berücksichtigen. Auch wenn das Wasserstofftankstellennetz in Deutschland immer weiter ausgebaut wird, gibt es aktuell noch nicht überall eine ausreichende Anzahl verfügbarer Wasserstofftankstellen. Erfahrungsgemäß sollten mindestens zwei geeignete Wasserstofftankstellen erreichbar sein, um einen reibungsfreien Fahrzeugbetrieb gewährleisten zu können. Dabei sind die Betriebsdrücke der Gassysteme, benötigte Wasserstoffmengen und Erreichbarkeit der Tankstellen zu beachten. In einigen Fällen kann auch die Errichtung eigener Wasserstofftankstellen sinnvoll sein. Weitere Hinweise und Praxishilfen enthält die VDV-Schrift 825.



Abbildung 14: ATEX funkenfreies Werkzeug

3.2.4 Zusätzliche Werkstattausstattung

Um Beschädigungen und Leckagen am Wasserstoffsystem auszuschließen, muss vor Wiederinbetriebnahme nach Reparaturen und im Zweifelsfall vor Einfahrt in geschlossene Bereiche die Dichtigkeit der Gas-Anlage geprüft werden. Zur Durchführung der Prüfung können Lecksuchspray und mobile H_2 -Handsensoren verwendet werden, die bereits geringe Mengen Wasserstoffgas detektieren und anzeigen können. Geräte für CNG/LPG reagieren in der Regel zwar auf Kohlenwasserstoffe CH_4 , sie sind jedoch für reinen Wasserstoff nicht sensitiv genug.



Abbildung 15: H_2 -Messgerätekofter

3.3 Brandschutz

Bei allen Fahrzeugbränden können Atemgifte und gesundheitsschädliche Verbrennungsprodukte in erheblichem Maße freigesetzt werden. Bei einem Brand von Lithium-Ionen-Batterien entstehen zudem meist in sehr kurzer Zeit sehr große Mengen giftiger Gase. Deren Zusammensetzung ist sehr unterschiedlich und hängt unter anderem von der Art und Zellchemie der verwendeten Batteriezellen ab. Im Havariefall kann eine Lithium-Ionen-Batterie außerdem

bis zum 10-Fachen ihrer elektrischen Energie in Form von thermischer Energie freisetzen. Auf Grund der Gefährdungen, die im Brandfall von einer Lithium-Ionen-Batterie ausgehen können, sind entsprechend angepasste Notfallkonzepte vorzusehen. Zudem fordern einige Versicherungen spezielle Maßnahmen für Lade- und Abstellplätze von HV-Fahrzeugen.

3.3.1 Vorbeugender Brandschutz

Brandabschnitte

Wie die Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt haben, kann die Einrichtung von separierten Brandabschnitten im Brandfall die Ausbreitung des Feuers deutlich begrenzen. Insbesondere in Betrieben, in denen die Busse über Nacht im Depot geladen werden, sollten entsprechend kleine Brandabschnitte mit höchstens bis zu 25 Fahrzeugen vorgesehen werden.

Auch bei einer Aufstellung der Fahrzeuge im Außenbereich wird empfohlen, ausreichende Abstände zwischen den Fahrzeugen einzuhalten, um Rettungskräften im Havariefall den Zugang zu den Fahrzeugen zu ermöglichen. Die zuständige Feuerwehr sollte bereits in die entsprechende Planung mit einbezogen werden.

Gesicherte Ruheflächen

Sollte das HV-System eines Hochvoltbusses durch einen Unfall oder technischen Defekt beschädigt oder der Betriebszustand aus anderen Gründen unsicher sein, muss das Fahrzeug auf einem sicheren Platz außerhalb von Gebäuden abgestellt werden.

Die Anforderungen an geeignete Ruheflächen sind:

- Ort im Freien (Ausgasung beachten)
- Kennzeichnung
- Brandlastfreier Bereich (10 m Umkreis)
- Nicht in Schutzzonen (Trinkwasser, öffentliche Plätze)
- Versiegelte Fläche, kein Asphalt (Beton oder Klinker)
- Entwässerungsanschluss (austretende Stoffe, Löschwasser)
- Gegen Zutritt von Unbefugten gesichert
- Gut zu erreichen für Feuerwehr und Rettungskräfte (Feuerwehrezufahrt)
- Löschwasserversorgung (maximal 100 m entfernt circa 800 l/min)
- Brandfrüherkennung (Sensorik, regelmäßige Kontrollen)



Abbildung 16: Kennzeichnung gesicherte Ruhefläche



Abbildung 17: Gesicherte Ruhefläche



Abbildung 18: Gefahrstofflager für unbeschädigte (i. O.) HV-Batterien



Abbildung 19: Gefahrstofflager für beschädigte (n. i. O.) HV-Batterien

Aufbewahrung und Lagerung von Batterien

Wenn in Verkehrsbetrieben Traktionsbatterien oder Teile davon ausgebaut oder repariert werden, muss ein geeigneter Ort für die Aufbewahrung vorhanden sein. Einheitliche rechtliche Vorgaben gibt es hierzu nicht. Die Anforderungen an Lager oder Aufbewahrungsorte für Lithium-Ionen-Batterien ergeben sich auf Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung. Sie sind unter anderem abhängig von der Anzahl der Batterien, dem Energieinhalt, der Zellchemie und dem Zustand der Batterien sowie von den Umgebungsbedingungen vor Ort.

Die zuständige Feuerwehr ist über Stellplätze von Wasserstoff- und Elektrobussen sowie die Lagerorte von Batterien zu informieren, damit sie diese in der Feuerwehrlaufkarte berücksichtigen und das Brandschutzkonzept sowie die Brandschutzeinrichtungen begutachten kann. Weitere Informationen hierzu sind in folgenden Schriften zu finden:

- DGUV Information 205-001 „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis“ (12/2020)
- Fachbereich aktuell FBFHB – 018 „Hinweise zum betrieblichen Brandschutz bei der Lagerung und Verwendung von Lithium-Ionen-Akkus“

Batterieklassifizierung (i. O./n. i. O.)

Lithium-Ionen-Batterien werden je nach Zustand in drei Kategorien eingeteilt, wofür in der Regel die Farben grün, gelb und rot verwendet werden. Unbeschädigte Batterien, die vollständig funktionsfähig sind, werden als „in Ordnung“ (i. O./grün) klassifiziert. Beschädigte Batterien oder die, deren Zustand unbekannt ist, weil beispielsweise die Kommunikation mit dem Batterie-Management-System gestört ist, werden als „nicht in Ordnung“ (n. i. O.) klassifiziert. Dabei wird zwischen leichten (gelben) und sicherheitskritischen (roten) Abweichungen vom Soll-Zustand unterschieden. Eine Checkliste zur Batterieklassifizierung befindet sich im Anhang 8.17.

Lithium-Ionen-Batterien, die nicht in Ordnung sind, müssen bis zur fachgerechten Entsorgung oder Reparatur in speziellen F90-Sicherheitsbehältern aufbewahrt werden.

Transport von Lithium-Ionen-Batterien

Lithium-Ionen-Batterien sind Gefahrgut, ihr Transport unterliegt daher den entsprechenden Transportvorschriften für gefährliche Güter. Für den Transport auf der Straße oder Schiene gelten die ADR, für Seetransport die IMDG und für Luftfracht die IATA Bestimmungen. Betriebe, die am Transport von Gefahrgütern beteiligt sind (auch als Versender oder Empfänger), benötigen einen Gefahrgutbeauftragten.

3.3.2 Brandbekämpfung (Lithium-Ionen-Batterien)

Grundsätzlich unterscheidet sich die Brandbekämpfung bei Fahrzeugbränden mit Beteiligung von Lithium-Ionen-Akkus nicht wesentlich von Bränden bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen (zum Beispiel Benzin- oder Dieselfahrzeuge). Bei der Bekämpfung von Fahrzeugbränden, unabhängig von der Antriebsart, gibt es potenzielle Gefahren für die Einsatzkräfte. Insbesondere bei einem Brand im Innenraum des Fahrzeugs tritt bereits nach kurzer Zeit der Totalschaden ein, weshalb eine risikoarme Einsatztaktik gewählt werden sollte, wann immer das möglich ist (FBFHB-024).

„Ruhe bewahren“ ist das wichtigste Gebot bei jedem Brand. Der Standort von Feuerlöschgeräten und Brandbekämpfungsmitteln muss bekannt sein. Feuerlöscher müssen jederzeit schnell und leicht erreichbar, einsatzbereit und die jeweiligen Standorte gut sichtbar gekennzeichnet sein.

Sollte die Batterie direkt vom Brand betroffen sein, sind alle Personen umgehend zu evakuieren und die Feuerwehr zu alarmieren. Von eigenen Löschversuchen wird dringend abgeraten. Umgebungsbrände in der Nähe der Batterien sind mit herkömmlichen Löschmitteln (zum Beispiel Feuerlöscher oder Wasser) zu bekämpfen, wenn dies gefahrlos möglich ist.

Brandbekämpfungsmittel, die speziell für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien entwickelt wurden, können nur dann wirksam eingesetzt werden, wenn die Batteriezellen direkt zugänglich sind. Das Aufbringen spezieller Löschmittel (F500 EA, AVD/Gel, Pyrobubbles oder Ähnliches) auf ein geschlossenes Batteriegehäuse ist unwirksam und daher nicht sinnvoll.

Für den Einsatz von Wasser spricht neben der guten Kühlleistung die weitgehende Verfügbarkeit. Bei der Brandbekämpfung sind auf jeden Fall die Angaben des Batterieherstellers zu berücksichtigen. Für jeden Brandfall sind als vorbeugende organisatorische Maßnahmen

- eine Brandschutzordnung nach DIN 14096 und
- ein Alarmplan auszustellen

sowie Alarmübungen mit den Beschäftigten durchzuführen.

Weitere Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus befinden sich in „FBHB-024 Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus bei Fahrzeugbränden“.

Für die Brandbekämpfung bei Bussen sind Löschcontainer (AB-HV/Red Boxx von Ellermann) oder Löschdecken bisher nicht anwendbar. Daher sollte, wie unter 3.3.1 beschrieben, eine gesicherte Ruhefläche eingerichtet werden.

Spezielle Löschlanzen, die für die Brandbekämpfung von Lithium-Batteriebränden entwickelt wurden und das Innere der Batterien mit einem wie oben beschriebenen Löschmittel fluten, können nicht ohne hohes Risiko für das Brandbekämpfungspersonal angewendet werden. Darüber hinaus führen sie zu einer weiteren Beschädigung der Batterie und können zusätzliche Gefährdungen herbeiführen. Der Einsatz dieser Löschlanzen durch Betriebspersonal ist nicht empfehlenswert.



Abbildung 20: Beschädigte HV-Batterie nach Brand



Abbildung 21: Organisation betriebliche Sicherheit

4 Betriebliches Konzept

4.1 Organisation

4.1.1 Verantwortung

Ein Unternehmer oder eine Unternehmerin trägt grundsätzlich die Verantwortung für die Arbeitssicherheit im Betrieb. „Der Arbeitgeber kann zuverlässige und fachkundige Personen schriftlich damit beauftragen, ihm obliegende Aufgaben nach diesem Gesetz in eigener Verantwortung wahrzunehmen“ (ArbSchG § 13).

Für die verantwortliche fachliche Leitung eines elektrotechnischen Betriebes oder Betriebsteils ist eine verantwortliche Elektrofachkraft (vEfK) erforderlich. „In Betrieben, in denen der Unternehmer nicht selbst verantwortliche Elektrofachkraft ist, muss er die Fach- und Aufsichtsverantwortung einer verantwortlichen Elektrofachkraft übertragen, wobei je nach Anforderung und Gefahrenpotenzial die geeignete Fachkraft auszuwählen ist“ (DIN VDE 1000-10).

4.1.2 Gefährdungsbeurteilungen

Das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), die DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ (DGUV V1) und die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) verpflichten Unternehmerinnen und Unternehmer, mögliche Gefährdungen der Beschäftigten bei Ausübung ihrer Tätigkeit zu ermitteln, Risiken zu beurteilen sowie geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten und umzusetzen.

Das Bemühen um Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz ist ein ständiger Kreislauf, bei dem ein optimaler statischer Zustand nie erreicht wird. Alle Tätigkeiten sind kontinuierlich zu beurteilen und eine stetige Verbesserung von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten ist anzustreben. Um dies zu gewährleisten, sind alle Tätigkeiten kontinuierlich zu beurteilen und geeignete Arbeitssicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen als Bestandteil einer jeden Tätigkeit zu integrieren.

Zur systematischen Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen und Belastungen der Beschäftigten sowie zur Festlegung von Schutzmaßnahmen und zur Dokumentation des Prozesses werden in allen Betriebsbereichen Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt. Bei der Einführung von Bussen mit HV-Systemen beziehungsweise H₂-Systemen sind bestehende Gefährdungsbeurteilungen aufgrund der veränderten Gefährdungssituation entsprechend anzupassen.

Um die Tätigkeiten an HV-Bussen und an H₂-Bussen zu beurteilen, müssen die Arbeitsabläufe bekannt sein. Zusätzlich müssen Instandhaltungsanleitungen und entsprechende Informationen der Bushersteller vorliegen. Muster-Gefährdungsbeurteilungen können als Grundlage zur Erstellung eigener Gefährdungsbeurteilungen dienen – sind aber an die betrieblichen Belange und die jeweiligen Umgebungsbedingungen anzupassen.

Für eine systematische Gefährdungsbeurteilung sollten zunächst die Betrachtungseinheiten festgelegt werden, das heißt die verschiedenen Betriebsbereiche und Tätigkeiten die separat betrachtet werden müssen. Für gleichartige Tätigkeiten reicht die Erstellung einer gemeinsamen Gefährdungsbeurteilung aus, für spezielle Tätigkeiten müssen jedoch gesonderte Gefährdungsbeurteilungen erstellt werden. Dies sind insbesondere Tätigkeiten

- mit hohem Unfallrisiko (zum Beispiel Arbeiten unter Spannung),
- mit vorhersehbaren Gefährdungen für die Beschäftigten (zum Beispiel: Batteriearbeiten),
- bei denen verschiedene Gefährdungen zusammenwirken und
- bei denen komplexe technische Zusammenhänge vorliegen.



Das VBG-Fachwissen „Gefährdungsbeurteilung – So geht's“ bietet eine Anleitungshilfe zur systematischen Erstellung der Gefährdungsbeurteilung.

Gefährdung durch mangelnde Kenntnisse

Mangelnde Kenntnisse können dazu führen, dass Gefahren von Beschäftigten nicht erkannt werden. Deshalb hat die Unternehmerin oder der Unternehmer dafür zu sorgen, dass Beschäftigte entsprechend ihrer Tätigkeiten die erforderlichen Qualifikationen besitzen. Die Unternehmerin oder der Unternehmer darf Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, die erkennbar nicht in der Lage sind, eine Arbeit ohne Gefahr für sich oder andere auszuführen, nicht mit dieser Arbeit beauftragen.

Gefährdung durch Unklarheiten der Zuständigkeiten

Durch unklare Zuständigkeiten und mangelnde Koordination können Personen gefährdet werden. Nach DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“ muss jede elektrische Anlage unter der Verantwortung einer Person, des Anlagenbetreibers, stehen. Für jede Arbeit muss eine arbeitsverantwortliche Person festgelegt werden. Nach DIN VDE 1000-10 „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“ ist für die fachliche Leitung eines elektrotechnischen Betriebes oder Betriebsteils eine verantwortliche Elektrofachkraft notwendig.

Gefährdung durch defekte Geräte und Anlagen

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) regelt die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit von Beschäftigten bei der Verwendung von Arbeitsmitteln. Die Technische Regel TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“ konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung hinsichtlich

- der Ermittlung und Festlegung von Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen nach den Bestimmungen des Abschnitts 2 oder 3 der BetrSichV,
- der Verfahrensweise zur Bestimmung der mit der Prüfung zu beauftragenden Person oder zugelassenen Überwachungsstelle,
- der Durchführung der Prüfungen und
- der Dokumentation.

Die im Zusammenhang mit HV- und H₂-Bussen zu beschaffenden Arbeitsmittel und Anlagen sind entsprechend dieser Regeln zu bewerten und zu prüfen.

Gefährdung durch Absturz

Wenn nicht bereits vorhanden, ist in der Regel die Anschaffung eines stationären (gegebenenfalls auch mobilen) Dacharbeitsstands notwendig. Hinweise zum „Arbeiten an Fahrzeugen mit Absturzgefahr“ befinden sich im Kapitel 5.7 der DGUV Regel 109-008 „Fahrzeuginstandhaltung“ (03/2023).

Arbeiten am HV-Energiespeicher“

Gefährdungsbeurteilung	Schutzmaßnahme	Durchführung der Maßnahme	Wirkung
	- Das Öffnen der Anlage erfolgt erst nach Abkühlen des Systems oder kontrollierter Druckentlastung. - Persönliche Schutzausrüstung (Handschuhe, Schutzbrille, ...) ist bereitgestellt und wird verwendet. ...	Verantwortliche/r <u>S. Nieder</u> Bis: _____ Maßnahme durchgeführt? Ja ☒ Nein ☐	Verantwortliche/r Bis: _____ Maßnahme durchgeführt? Ja ☒ Nein ☐
	- Nur am abgekühlten System arbeiten. - Persönliche Schutzausrüstung (Handschuhe, Schutzbrille, ...) ist bereitgestellt und wird verwendet. - Arbeiten am Kühlsystem erfolgen gemäß den Vorgaben des Fahrzeugherstellers. ...	Verantwortliche/r Bis: _____ Maßnahme durchgeführt? Ja ☒ Nein ☐	Verantwortliche/r Bis: _____ Maßnahme durchgeführt? Ja ☒ Nein ☐
	- Ausreichende Belüftung ist gewährleistet. - Arbeitsplatzspezifischer Hautschutz- und Hygieneplan ist erstellt. - Persönliche Schutzausrüstung (Schnittfeste Arbeitshandschuhe, Sicherheitsschuhe, Schutzbrille ...) ist bereitgestellt und wird verwendet. - Hautreinigungs-, Hautpflege- und Hautschutzmittel sind zur Verfügung gestellt und werden verwendet. ...	Verantwortliche/r Bis: _____ Maßnahme durchgeführt? Ja ☒ Nein ☐	Verantwortliche/r Bis: _____ Maßnahme durchgeführt? Ja ☒ Nein ☐

Abbildung 22: Ausfüllen einer Gefährdungsbeurteilung

4.1.3 Betriebsanweisungen

Betriebsanweisungen sind Anweisungen der Unternehmerin oder des Unternehmers an ihre/seine Beschäftigten mit dem Ziel, Unfälle und Gesundheitsrisiken zu vermeiden. Betriebsanweisungen ergeben sich aus den Gefährdungsbeurteilungen, die tätigkeits- oder komponentenbezogen erstellt werden können. Hilfestellungen für die Erstellung von Betriebsanweisungen befinden sich in der DGUV Information 211-010 „Sicherheit durch Betriebsanweisungen“.

Bei Arbeiten an unterschiedlichen Komponenten mit gleichen Eigenschaften ergeben sich in der

Regel ähnliche Gefährdungen, sodass Betriebsanweisungen für diese Tätigkeiten zusammengefasst werden können (zum Beispiel für mechanische Arbeiten, Arbeiten im spannungsfreien Zustand, Arbeiten unter Spannung und Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien).

Muster-Betriebsanweisungen stehen unter www.vbg.de/elektromobilitaet zum Download zur Verfügung.

Die Muster-Betriebsanweisungen müssen immer an die konkreten betrieblichen Gegebenheiten angepasst werden.



Abbildung 23:
Betriebsanweisungen

4.1.4 Unterweisungen

Unterweisungen sind ein fester Bestandteil des betrieblichen Arbeitsschutzes.

Vor der Aufnahme einer Tätigkeit, also bei Neueinstellung von Personal, Veränderung des Aufgabenbereichs oder der Einführung neuer Arbeitsverfahren, Maschinen, Stoffe, Geräte oder HV-Fahrzeuge, sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu unterweisen. Die Unterweisung muss erforderlichenfalls wiederholt werden, mindestens aber einmal jährlich erfolgen. Die Unterweisung muss dokumentiert werden.

Unterweisungen sollten neben allgemeinen Betriebsabläufen auch Arbeits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen im Betrieb, die Vorgehensweisen bei Unfällen und Notsituationen sowie Hinweise zur Vermeidung von arbeitsplatzspezifischen Gefahren beinhalten.

Die mit den Arbeiten an HV- beziehungsweise H₂-Systemen verbundenen Gefährdungen und die Maßnahmen zu ihrer Verhütung sind bei der Einführung von H₂- beziehungsweise HV-Bussen in die Unterweisungen aufzunehmen und zu dokumentieren. Die Aufbewahrungsfrist der Aufzeichnungen beträgt zwei Jahre.

In Betrieben mit Beschäftigten unterschiedlicher Nationalitäten kann es sinnvoll sein, die Unterweisungen mehrsprachig oder auf Englisch durchzuführen, um das Ziel der Unterweisung zu gewährleisten.

Muster-Unterweisungen stehen unter www.vbg.de/elektromobilitaet zum Download zur Verfügung.

4.1.5 Erste Hilfe

Bei Verletzungen können die ersten Minuten für die Heilungschancen entscheidend sein. Daher ist es unbedingt erforderlich und gesetzlich vorgeschrieben, dass jede Person Erste Hilfe leistet.

Erste-Hilfe-Maßnahmen ersetzen keine ärztliche Hilfe. Sie sollen die Verletzten bis zum Eintreffen des medizinischen Personals durch einfache Maßnahmen vor weiterem Schaden bewahren und eine Verschlechterung des Zustandes verhindern. Auch kleine und unscheinbare Wunden müssen beachtet und versorgt werden.

Abhängig von der Betriebsgröße ist die Anzahl der Ersthelfer und Ersthelferinnen in einem Betrieb vorgegeben. Die Unternehmerpflichten sind in der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ beschrieben. Weitere Fragen zu diesem Thema – insbesondere unter Berücksichtigung des staatlichen Rechts – werden in der DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“ beantwortet.

Erste Hilfe kann nur dann geleistet werden, wenn geeignetes Verbandmaterial in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Deshalb ist rechtzeitiges Erneuern und Ergänzen sowie sachgerechte Aufbewahrung des Verbandmaterials notwendig, damit es gegen schädigende Einflüsse geschützt und im Bedarfsfall schnell erreichbar und verwendbar ist.

Jeder Unfall muss den Vorgesetzten gemeldet, jede Erste-Hilfe-Leistung aufgezeichnet und fünf Jahre lang aufbewahrt werden. Hierzu ist das Verbandbuch (DGUV Information 204-020) geeignet, da es eine geführte Beantwortung der notwendigen Punkte ermöglicht.

Bei Arbeiten unter Spannung wird unter „Erste Hilfe sicherstellen“ in dieser Fachinformation die Anwesenheit eines Ersthelfers oder einer Ersthelferin mit einer Mindestqualifikation zur HV-Bus-EuP an der Arbeitsstelle und der Zugriff auf einen Defibrillator im direkten Umfeld verstanden, sodass notwendige Erste Hilfe unverzüglich geleistet, weitere Hilfe herbeigerufen und an den Einsatzort geleitet werden kann. Zusätzlich sollte bei Arbeiten unter Spannung ein Bergungshaken vorhanden sein.

Weitere Informationen zur Ersten Hilfe – insbesondere in Bezug auf Stromunfälle – können dem Heft der BG ETEM „Erste Hilfe mit Sonderteil Stromunfälle“ entnommen werden.



Abbildung 24: Erste-Hilfe-Material

4.1.6 Gesundheitliche Eignung

Personen müssen für die jeweilige Tätigkeit gesundheitlich geeignet sein.

Es muss sichergestellt sein, dass die zu qualifizierende Person keine gesundheitlichen Einschränkungen besitzt (zum Beispiel Implantate, Epilepsie, ...), die zu Gefährdungen bei der Durchführung von Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen führen können (siehe auch § 7 DGUV Vorschrift 1).

Zu Fragen der gesundheitlichen Eignung können Unternehmerinnen und Unternehmer einen Arzt oder eine Ärztin mit arbeitsmedizinischer Fachkunde zu Rate ziehen.

Hinweise finden sich in der DGUV Information 250-010 „Eignungsuntersuchung in der betrieblichen Praxis“.



Abbildung 25: Persönliche Schutzausrüstung (PSA) für Arbeiten an Hochvoltssystemen

4.1.7 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat den Beschäftigten für die zu verrichtenden Tätigkeiten geeignete persönliche Schutzausrüstung bereitzustellen, die dem Stand der Technik sowie den ergonomischen Anforderungen der Mitarbeitenden entspricht und gegen die zu erwartenden Gefährdungen schützt. Hierbei darf von der PSA kein weiteres Risiko ausgehen. Alle Beschäftigten sind verpflichtet, die zur Verfügung gestellte persönliche Schutzausrüstung zu verwenden.

Zur PSA gehören unter anderem:

- Sicherheitsschuhe
- PSA gegen Absturz
- Schutzhandschuhe (Klasse 0/bis 1000 V)
- Augen- und Gesichtsschutz
- Schutzkleidung gegen Störlichtbogen
- Kopfschutz
- Gehörschutz
- Atemschutz

Für persönliche Schutzausrüstungen, die gegen tödliche Gefahren oder bleibende Gesundheitsschäden schützen sollen, sind den Beschäftigten die notwendigen Kenntnisse im Rahmen von Unterweisungen mit Übungen zu vermitteln.

Allgemeine Informationen zur Persönlichen Schutzausrüstung, einschließlich der gesetzlichen Bestimmungen, sind in der DGUV Information 212-515 „Persönliche Schutzausrüstung“ zu finden. Die nachfolgenden Regelwerke behandeln einzelne Schutzmaßnahmen:

- DGUV Regel 112-198 „Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz“
- DGUV Regel 112-195 „Benutzung von Schutzhandschuhen“
- DGUV Regel 112-192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“
- DGUV Regel 112-189 „Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-193 „Benutzung von Kopfschutz“

4.2 Hochvolt

4.2.1 Verantwortliche Elektrofachkraft

Nach DIN VDE 1000-10 „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“ ist für die fachliche Leitung eines elektrotechnischen Betriebes oder Betriebsteils eine verantwortliche Elektrofachkraft notwendig.

Die verantwortliche Elektrofachkraft hat für ihren Arbeitsbereich alle erforderlichen Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren sowie für eine wirksame Erste Hilfe zu treffen. Durch eine Beurteilung der mit den Arbeiten verbundenen Gefährdungen hat sie zu ermitteln, welche Maßnahmen erforderlich sind. Dies gilt insbesondere auch für die hinzukommenden Gefährdungen durch Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen. Daraus ergibt sich:

- Werden keine Tätigkeiten am HV-System durchgeführt und liegen detaillierte Arbeitsanweisungen des Busherstellers vor, nach denen die Arbeiten gefahrlos durchgeführt werden können, sind keine Elektrofachkräfte und keine verantwortliche Elektrofachkraft für Hochvolt erforderlich. Dies trifft insbesondere auf kleine Betriebe zu. Allerdings sind die Busfahrer und Busfahrerinnen sowie die Reinigungskräfte für die elektrotechnischen Gefährdungen zu sensibilisieren und alle Beschäftigten in der Werkstatt für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen, zu unterweisen (Hinweis: Bei Arbeiten am Niederspannungssystem ist vorab sicherzustellen, dass die Tätigkeiten keine Auswirkungen auf das HV-System haben, da das Niederspannungssystem zum Teil die Sicherheitsfunktionen des HV-Systems beeinflusst).

- Werden elektrotechnische Tätigkeiten am HV-System durchgeführt, sind Elektrofachkräfte für Hochvolt und, wenn neben den fachlichen auch übergeordnete Tätigkeiten mit Leitungsfunktion auszuüben sind, eine verantwortliche Elektrofachkraft erforderlich. Dies trifft in der Regel auf größere Betriebe zu. In diesem Fall sollte der Werkstattmeister oder die Werkstattmeisterin die Aufgabe der verantwortlichen Elektrofachkraft übernehmen. Werden in mehreren Haupt- und Betriebswerkstätten Arbeiten an HV-Systemen oder HV-Komponenten durchgeführt, kann es sinnvoll sein, mehrere verantwortliche Elektrofachkräfte und zusätzlich eine übergeordnete verantwortliche Elektrofachkraft zu installieren. Das Werkstattpersonal ist entsprechend der Aufgaben für die elektrotechnischen Gefährdungen durch Hochvolt zu unterweisen und für die Tätigkeiten an HV-Bussen zu qualifizieren.

Werden elektrotechnische Arbeiten am HV-System ausgeführt, während sich der HV-Bus an einer Ladestation befindet, zum Beispiel zur Fehlersuche unter Spannung am Ladesystem des Busses, und sind dabei koordinierende Tätigkeiten mit Leitungsfunktion auszuüben, ist eine verantwortliche Elektrofachkraft für Hochvolt (vEfK-HV-Bus) und für Niederspannung (vEfK-NS) erforderlich.



Abbildung 26: Arbeiten am Hochvoltssystem

4.2.2 Gefährdungsbeurteilungen Hochvolt

Wie unter 4.1.2 beschrieben, sind Unternehmerinnen und Unternehmer verpflichtet, mögliche Gefährdungen der Beschäftigten bei Ausübung ihrer Tätigkeit zu ermitteln, Risiken zu beurteilen sowie geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten und umzusetzen. Bei der Einführung von HV-Bussen sind neue Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen oder die vorhandenen Gefährdungsbeurteilungen entsprechend der neuen Gefährdungen anzupassen.

Muster-Gefährdungsbeurteilungen müssen immer den konkreten betrieblichen Gegebenheiten vor Ort angepasst werden.

In der Regel sollte an HV-Bussen nicht gearbeitet werden, wenn diese mit der Ladestation verbunden sind, um zusätzliche Gefährdungen durch eine Verbindung zum Niederspannungsnetz zu vermeiden. Sollten aus zwingenden Gründen Arbeiten unter Spannung am Bus notwendig sein, während der Bus an der Ladestation angeschlossen ist, sind die Gefährdungen gesondert zu beurteilen und entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen.

Gefährdung durch elektrischen Strom

Durch hohe Spannungen können elektrische Ströme auftreten, die zu Unfällen führen und beim Menschen schwere Verletzungen bis hin zum Tode hervorrufen. Elektrischer Strom ist im Normalfall mit menschlichen Sinnen nicht wahrnehmbar. Folgende schädigende Auswirkungen sind möglich:

- Körperdurchströmung
- Lichtbogeneinwirkung
- Elektromagnetische Felder – Auswirkungen auf Implantate
- Sekundärnfälle

Körperdurchströmung

Die Folgen bei Körperdurchströmung müssen nicht unmittelbar, sondern können auch viele Stunden nach dem Unfall auftreten.

Die Schwere der Verletzung ist abhängig von

- der Stromstärke,
- der Stromart,
- der Frequenz des Stromes,
- der Einwirkdauer und
- dem Weg durch den menschlichen Körper.

Ein weiterer Einflussfaktor ist die Konstitution der verletzten Person. Die Auswirkungen auf den menschlichen Körper sind aus dem Zeit-Stromdiagramm, hier dargestellt für Gleichstrom (DC), ersichtlich:

Im Bereich 1: Leichte stechende Empfindung beim Ein- und Ausschalten oder bei schneller Änderung der Stromstärke.

Im Bereich 2: Unwillkürliche Muskelkontraktionen beim Ein- und Ausschalten oder bei schneller Änderung der Stromstärke wahrscheinlich. Üblicherweise keine schädliche physiologische Wirkung.

Im Bereich 3: Starke unwillkürliche Muskelkontraktionen, Schwierigkeiten beim Atmen, reversible Störungen der Herzfunktion. Die Wirkungen nehmen mit Stromstärke und Durchströmungsdauer zu. Im Allgemeinen ist kein bleibender organischer Schaden zu erwarten.

Im Bereich 4: Es können pathophysiologische Wirkungen auftreten wie Herzstillstand, Atemstillstand, Verbrennungen oder andere Zellschäden. Die Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern steigt mit Erhöhung der Stromstärke und Durchströmungsdauer an.

Auswirkungen können unter anderem Herz-Rhythmus-Störungen sein, die bis zu 24 Stunden nach dem Unfallzeitpunkt auftreten können. Daher ist es unbedingt erforderlich, nach einem Stromunfall einen Arzt oder eine Ärztin aufzusuchen. Ströme von 0,5 A und einer Einwirkdauer von 0,5 s können bereits tödliche Auswirkungen haben. In Hybrid- und Elektro-Bussen fließen im normalen Betrieb Ströme von mehreren 100 A, im Fehlerfall sind Kurzschlussströme im kA-Bereich möglich.

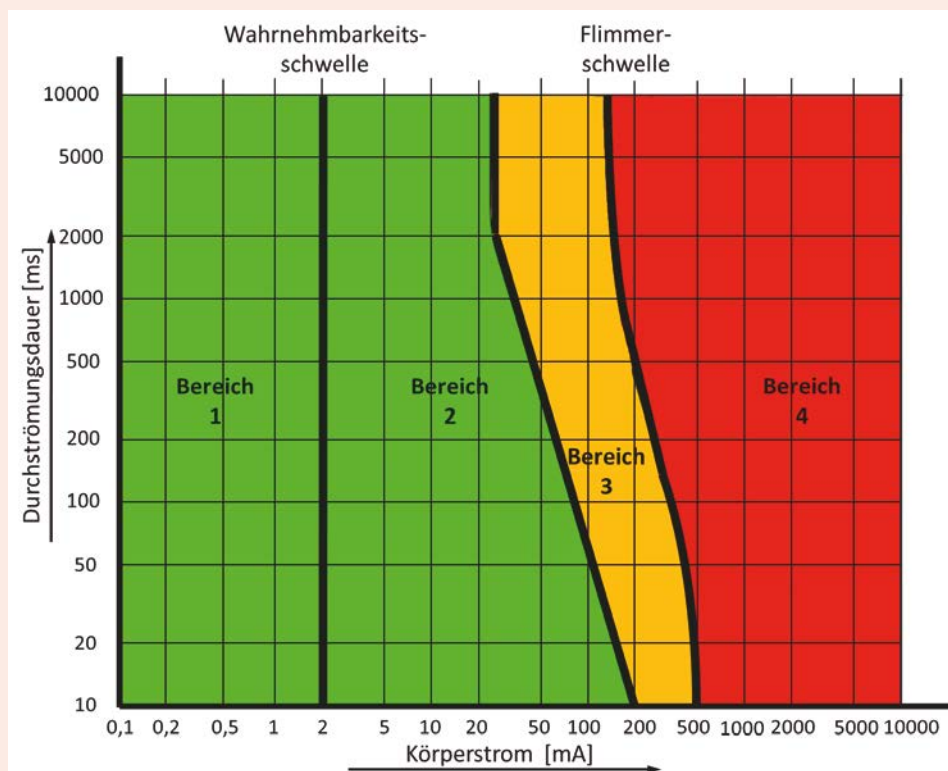


Abbildung 27: Körperreaktion im Zeit-Stromdiagramm bei Gleichspannung

Lichtbogeneinwirkung

Lichtbögen können unter anderem bei einem Kurzschluss entstehen. Die Schwere der Auswirkungen ist abhängig von

- Nennspannung,
- Kurzschlussleistung,
- Lichtbogendauer (abhängig von Abschaltzeiten der Überstromschutzeinrichtungen, Geometrie der Anlage, Art der Anlage AC/DC),
- Abstand zwischen zwei unter Spannung stehenden Teilen an der Arbeitsstelle und
- Ohmscher Gesamtwiderstand bei DC-Anlagen.

Mögliche Auswirkungen von Lichtbögen auf den Menschen sind

- Verbrennungen 1. bis 4. Grades durch erhitzte Gase oder Metalle,
- Verletzungen durch wegfliegende Teile in Folge des Druckaufbaus,
- Verblitzen der Augen durch starke UV-Strahlung (ähnlich beim Schweißen) und
- Knalltrauma.

Es sollten daher geeignete Schutzmaßnahmen gegen das Auftreten von Störlichtbögen sowie gegen die entsprechenden Auswirkungen im Falle eines Auftretens getroffen werden.

Um die thermischen Auswirkungen eines Lichtbogens auf Personen zu verhindern, gibt die DGUV Information 203-077 „Thermische Gefährdung durch Störlichtbögen“ entsprechende Hinweise zur Auswahl geeigneter persönlicher Schutzausrüstung.

Auf eine PSaGS kann verzichtet werden, wenn nicht mit einer thermischen Gefährdung durch Störlichtbögen zu rechnen ist. Dies ist zum Beispiel der Fall bei Arbeiten

- an Mess-, Steuer und Regelungsanlagen mit vorgelagerten Stromkreisabsicherungen bis 25A,
- an Stromkreisen mit Nennspannungen bis 400V mit vorgelagerten Absicherungen bis einschließlich 63A (wenn handelsübliche Arbeitskleidung bestehend aus langärmeliger Oberbekleidung und langer Hose getragen wird) und
- an Stromkreisen mit Nennspannungen bis 400V AC und einem Kurzschlussstrom $< 1 \text{ kA}$.

Sollte keiner der genannten Fälle zutreffen, müssen die Lichtbogenenergie und der benötigte Schutzpegel der PSA gegen Störlichtbogen gemäß DGUV Information 203-077 berechnet werden.

Elektromagnetische Felder (EMF)

In der „Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (EMFV)“ sind die frequenzabhängigen Grenzwerte festgelegt, die bezüglich der Gefährdung von Personen durch EMF auf dem Betriebshof und am Arbeitsplatz einzuhalten sind. Im Normalbetrieb kann eine Gefährdung durch elektrische Felder ausgeschlossen werden, da die Magnetfelder deutlich unter den Grenzwerten liegen. Die höchsten magnetischen Feldstärken treten im unmittelbaren Umfeld der Ladeinfrastruktur auf. Ein gefährdender Einfluss auf den Körper ist auch hier im Normalfall nicht zu befürchten.

Besonders zu berücksichtigen sind allerdings Gefährdungen für Beschäftigte mit aktiven medizinischen Implantaten (insbesondere Herzschrittmacher und Defibrillatoren), mit passiven medizinischen Implantaten, mit medizinischen Geräten die am Körper getragen werden (insbesondere Insulinpumpen), mit sonstigen durch elektromagnetische

Felder beeinflussbaren Fremdkörpern im oder am Körper oder mit eingeschränkter Thermoregulation. Bisherige Studien haben ergeben, dass eine Beeinflussung oder Fehlfunktion von Herzimplantaten bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen unwahrscheinlich ist, dennoch sollten sich Betroffene möglichst nicht beim Laden in unmittelbarer Nähe aufhalten.

Bei Arbeiten unter Spannung (zum Beispiel Fehler-suche), bei denen HV-Komponenten geöffnet oder ohne Abdeckungen oder Schirmung betrieben werden, kann eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden.

Im Zweifelsfall ist eine Messung oder individuelle Abklärung angeraten. Weitere Informationen hierzu bieten DGUV Vorschrift 15, DGUV Information 204-043 und DIN EN 50527-2-1.

Sekundärünfälle

Sekundärünfälle entstehen in der Regel durch Schreckreaktionen und können je nach Situation sehr vielfältige Verletzungsmöglichkeiten nach sich ziehen, insbesondere die Gefahr durch Absturz bei Arbeiten auf einem höher gelegenen Arbeitsplatz.

Gefährdung durch Gefahrstoffe

In Lithium-Ionen-Batterien werden verschiedenste Aktivmaterialien und Elektrolyte verwendet. Eine mechanische Beschädigung des Batteriegehäuses kann zum Austreten des Elektrolyten führen. Der Elektrolyt ist in der Regel reizend, ätzend oder toxisch und oft brennbar. Der Kontakt des Elektrolyten mit der menschlichen Haut, das Verschlucken, Einatmen oder der Kontakt mit den Augen ist bei allen Batterietypen schädlich und unbedingt zu vermeiden. Zudem sind Elektrolyte oft sehr reaktiv und leicht entflammbar, weshalb Funken und offenes Feuer in der Nähe der Batterien zu vermeiden sind.

Gefährdung durch heiße Oberflächen und Medien

Aufgrund hoher Ströme können sich HV-Komponenten stark erwärmen. Wie bei Fahrzeugen mit Dieselmotoren kann das Berühren heißer Komponenten zu Verbrennungen führen. Die meisten HV-Komponenten besitzen üblicherweise eine Flüssigkeitskühlung. Das Öffnen heißer, unter Druck stehender Teile des Kühlsystems birgt die Gefahr der Verbrühung.

Das sach- und sicherheitsgerechte Verhalten im Umgang mit heißen Oberflächen am HV-System entspricht dem bei konventionellen Fahrzeugen.

Gefährdung durch Fehlfunktionen

Die Ursache für Fehlfunktionen können defekte Hardwarekomponenten oder fehlerhafte Software sein. Die Fahrzeughersteller führen zur Vermeidung dieser Gefährdung eine Analyse zur funktionalen Sicherheit durch und implementieren technische Maßnahmen, die Fehlfunktionen verhindern und die funktionale Sicherheit gewährleisten.

Gefährdung durch Brand

HV-Batterien können durch mechanische Beschädigung, einen Kurzschluss oder unsachgemäße Behandlung in Brand geraten. Üblicherweise werden in HV-Bussen Traktionsbatterien auf Lithium-Basis eingesetzt, die mit sehr hohen Temperaturen (1.000 °C) brennen. Das Löschen kann mit sehr großen Wassermengen oder speziellen Wasserzusätzen durch die Feuerwehr erfolgen. Ein Löschen mit einzelnen Handfeuerlöschern ist bei dem Brand einer Fahrzeugbatterie nicht möglich. Weitere Hinweise zum Brandschutz und Brandbekämpfung bei Bränden von HV-Bussen finden Sie unter 3.3 Bandschutz oder in der VDV-Schrift 822 „Richtlinie für den Bau von Omnibusbetriebshöfen“.

Hohe Brandtemperaturen und sehr schnell eintretende Temperaturentwicklung können bei HV-Batterien zu hohem innerem Druckanstieg führen. Ist der Druckanstieg zu hoch, können schlagartig heiße und hoch giftige Gase in die Umgebung freigesetzt werden. Zudem können einzelne Bestandteile der Batterie, durch den hohen Druck, das Batteriegehäuse durchschlagen und mehrere Meter herausgeschleudert werden.

Muster-Gefährdungsbeurteilungen für Arbeiten an HV-Komponenten

Exemplarisch wurden Gefährdungsbeurteilungen für folgende Tätigkeiten an HV-Komponenten durchgeführt, die Sie unter www.vbg.de/elektromobilitaet finden:

- Arbeiten mit der (mobilen) Ladestation
- Arbeiten am HV-Energiespeicher
- Arbeiten an HV-Leistungselektronik und HV-Leitungssatz
- Arbeiten am HV-Traktionsantrieb
- Arbeiten an der HV-Heizung
- Arbeiten an der HV-Klimaanlage
- Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien (Transport, Lagerung, Bewertung, Quarantäne)

4.2.3 Betriebsanweisungen Hochvolt

Als Hilfe für die Erstellung eigener Betriebsanweisungen wurden exemplarisch folgende Muster-Betriebsanweisungen erstellt, die Sie unter www.vbg.de/elektromobilitaet finden:

- Arbeiten an HV-Bussen, die das HV-System nicht betreffen
- Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen

- Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen
- Umgang mit und Arbeiten an Lithium-Ionen-Batterien

4.2.4 Unterweisung Hochvolt

Beschäftigte, die Tätigkeiten an oder mit Bussen mit HV-System außerhalb vom HV-System durchführen, sind im Rahmen einer Unterweisung über ihren Tätigkeitsbereich, mögliche Gefahren und zu treffende Schutzmaßnahmen zu unterweisen.

Der Umfang der Unterweisung richtet sich nach der Art der Tätigkeiten, den Gefährdungen, die sich während der Tätigkeiten an dem jeweiligen HV-Bus

ergeben können, sowie nach Umfang der Schutzmaßnahmen. Details zu Umfängen und Inhalten werden im Kapitel 5.1 Hochvolt beschrieben.

Für Fahr- und Reinigungspersonal erfolgt die Unterweisung in Form einer Sensibilisierung.

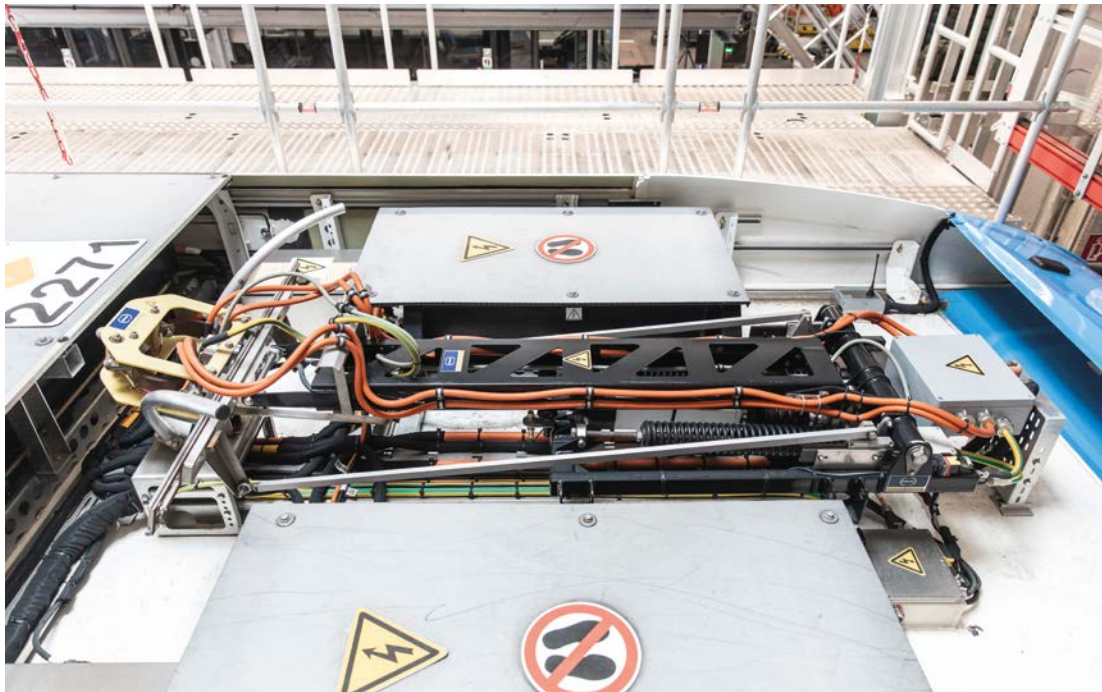


Abbildung 28: HV-Komponenten auf Omnibusdach

4.2.5 Qualifikationen Hochvolt

Beschäftigte, die Tätigkeiten an Bussen mit HV-System ausführen, sind vor Beginn der Tätigkeit über die jeweilige Arbeit, die damit verbundenen Gefährdungen und die entsprechenden Schutzmaßnahmen zu unterrichten. Umfänge und Inhalte der Qualifizierungen sind abhängig von der Tätigkeit, den Vorkenntnissen der Beschäftigten sowie der Art des

HV-Systems und den jeweiligen Gefährdungen (beziehungsweise den technischen Schutzmaßnahmen des Fahrzeugherstellers). Nähere Angaben zu den Umfängen der Qualifizierungen befinden sich in Kapitel 5 „Qualifizierung“ und Angaben zu den Qualifizierungsinhalten in den Anhängen.

Elektrotechnische Laien und Laiinnen

Elektrotechnische Laien und Laiinnen dürfen an Bussen mit HV-Systemen keine Arbeiten verrichten. Dies gilt auch für Beschäftigte aus dem Kfz-Bereich (Mechanik, Elektrik, Mechatronik vor 2013, Karosserie- und Fahrzeugmechanik sowie Mechanik für Karosserieinstandhaltungstechnik), wenn diese nicht über eine zusätzliche HV-Qualifikation verfügen.

Sensibilisierte Person Hochvolt, für Fahrtätigkeiten (HV-Bus-F)

Beim Fahren von HV-Bussen ist keine zusätzliche Gefährdung vorhanden, da die Fahrzeuge, insbesondere im Fahrgast- und Fahrerbereich, berührungsgeschützt aufgebaut sind. Allerdings ist darauf zu achten, dass bei Unfällen, Beschädigungen und beim Abschleppen Gefährdungen auftreten können. Busfahrer und Busfahrerinnen sind bezüglich dieser Gefährdungen zu sensibilisieren. Darüber hinaus sind sie in zusätzliche Tätigkeiten wie den Ladevorgang und spezielle Bedienelemente einzuweisen.

Sensibilisierte Person Hochvolt, für Reinigungstätigkeiten (HV-Bus-R)

Bei normaler Innen- und Außenreinigung (ausgenommen Motorreinigung) ist keine zusätzliche Gefährdung vorhanden, da die Fahrzeuge berührungsgeschützt aufgebaut sind. Allerdings ist darauf zu achten, dass die Herstellerangaben berücksichtigt werden und alle Serviceklappen geschlossen sind, da sich dahinter HV-Komponenten befinden können, die bei einer Beschädigung eine Gefahr darstellen. Dachbürsten von Reinigungsanlagen müssen gegebenenfalls abgeschaltet werden damit bei Fahrzeugen mit Stromabnehmer dieser nicht beschädigt wird. Das Reinigungspersonal ist bezüglich der Gefährdungen zu sensibilisieren.

Elektrotechnisch unterwiesene Person für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen (HV-Bus-EuP)

Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen, umfassen alle nichtelektrotechnischen Arbeiten und Arbeiten am Niederspannungssystem. Bei diesen Tätigkeiten können elektrische Gefährdungen zum Beispiel durch unsachgemäße Ausführung oder durch Beschädigungen am HV-System auftreten. Daher sind Beschäftigte, die diese Tätigkeiten ausführen, über die auszuführenden Tätigkeiten, die möglichen Gefährdungen, die für die jeweilige Tätigkeit anzuwendenden Schutzmaßnahmen, sowie den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Fahrzeuges zu unterweisen. Einige Tätigkeiten, die das HV-System nicht betreffen, erfordern zusätzliche Schutzmaßnahmen wie die Freischaltung des HV-Systems oder die Überprüfung der Sicherheitsfunktionen durch eine HV-Bus-Efk.

Arbeiten, die das HV-System betreffen, dürfen von einer HV-Bus-EuP unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft für HV-Busse und jedoch ausschließlich im spannungsfreien Zustand durchgeführt werden. Arbeiten an HV-Systemen unter Spannung sind für elektrotechnisch unterwiesene Personen, auch unter Leitung und Aufsicht, untersagt.

Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen (HV-Bus-Efk-AisZ)

Arbeiten im spannungsfreien Zustand umfassen alle elektrotechnischen Arbeiten am HV-System, bei denen der spannungsfreie Zustand sichergestellt werden kann. Bei Arbeiten am HV-System können elektrische Gefährdungen durch unsachgemäße Ausführung oder durch Beschädigungen am HV-System auftreten. Zudem können sich der Aufbau und die vom Hersteller getroffenen Schutzmaßnahmen der HV-Systeme in Bussen sehr stark voneinander unterscheiden. Erfahrungsgemäß sind HV-Busse oftmals nicht HV-eigensicher. Welche Gefährdungen mit den Arbeiten an einem HV-Bus verbunden sind oder nicht ist vorab in einer Gefährdungsbeurteilung zu prüfen.

Für elektrotechnische Arbeiten am HV-System ist eine Qualifikation zur „Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen (HV-Bus-Efk-AisZ)“ notwendig. Dabei ist der spannungsfreie Zustand entsprechend den „Fünf Sicherheitsregeln der Elektrotechnik“ und den Herstellerangaben herzustellen und für die Dauer der Arbeiten sicherzustellen. Die Qualifizierung zur HV-Bus-Efk-AisZ erfolgt nach Art und Umfang der auszuführenden Tätigkeiten, der Berufsausbildung und der bereits erworbenen, individuellen Kenntnisse.

Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen (HV-Bus-Efk-AuS)

Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen umfassen Mess- und Prüfarbeiten, Fehleruche sowie Arbeiten an HV-Batterien, bei denen der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt und eine elektrische Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

Arbeiten unter Spannung sind nur in Ausnahmefällen zulässig. An unter Spannung stehenden aktiven Teilen darf gemäß DGUV Vorschrift 3 grundsätzlich nicht gearbeitet werden, es sei denn, der spannungsfreie Zustand kann aus zwingenden Gründen nicht hergestellt werden und dass dabei

- durch die Art der bei diesen Arbeiten verwendeten Hilfsmittel oder Werkzeuge eine Gefährdung durch Körperdurchströmung oder durch Lichtbogenbildung ausgeschlossen ist,
- nur Personen beauftragt werden, die für diese Arbeiten an unter Spannung stehenden aktiven Teilen fachlich geeignet sind und
- weitere technische, organisatorische und persönliche Sicherheitsmaßnahmen festlegt und durchführt werden, die einen ausreichenden Schutz gegen eine Gefährdung durch Körperdurchströmung oder durch Lichtbogenbildung sicherstellen.

Für alle Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen sind zwingend Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen, Arbeitsverfahren schriftlich

in Form von Betriebs- oder Arbeitsanweisungen festzulegen, Personen ausreichend zu qualifizieren, die Erste Hilfe sicherzustellen sowie geeignetes Werkzeug, geeignete persönliche Schutzeinrichtungen und Ausrüstungen bereitzustellen.

Bei Arbeiten unter Spannung (insbesondere bei Arbeiten an HV-Batterien) handelt es sich in der Regel um gefährliche Arbeiten im Sinne des § 8 der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ sowie des § 22 Jugendarbeitsschutzgesetz. Daher dürfen die Arbeiten nicht von einer Person allein ausgeführt werden, es muss immer eine sichernde Person anwesend sein, um die Erste Hilfe sicherstellen zu können. Zudem müssen Personen, die Arbeiten unter Spannung ausführen, in der Regel 18 Jahre alt sein. Jugendliche dürfen diese Tätigkeiten nur zum Erreichen ihres Ausbildungsziels und nur unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft (HV-Bus-Efk-AuS) ausführen.

Beschäftigte, die elektrotechnische Arbeiten unter Spannung durchführen, wenn der Bus an der Lade-station angeschlossen ist, müssen zur Elektrofachkraft für HV-Busse (HV-Bus-Efk-AuS) und zur Elektrofachkraft für Niederspannung qualifiziert sein.

4.3 Wasserstoff

Bei der Einführung von Wasserstoff- oder Brennstoffzellenbussen müssen die Betriebsorganisation und Arbeitsschutzmaßnahmen entsprechend angepasst werden. Da es sich bei Brennstoffzellenbussen um Elektro-Hybridfahrzeuge handelt, sind zusätzlich zu den Gefährdungen, die sich durch das HV-System ergeben, weitere Gefährdungen und Anforderungen bezüglich des Wasserstoffsystems zu berücksichtigen. Die DGUV Information 209-072 „Wasserstoff-

sicherheit in Werkstätten“ bietet Hinweise und Lösungsansätze zur Umsetzung von Schutzmaßnahmen. Erläuterungen zur Qualifizierung der Mitarbeitenden für Arbeiten an Wasserstoffbussen befinden sich in „FBHM 099 Qualifizierung für Arbeiten an Gasfahrzeugen“, wobei die Qualifizierungen immer an die jeweilige Situation (zum Beispiel das eingesetzte Gas) anzupassen sind. Das angewendete Gas muss nachweislich Inhalt der Schulung sein.

4.3.1 Gefährdungsbeurteilungen Wasserstoff

Wie bei jeder neuen Technologie müssen auch bei der Einführung von Brennstoffzellen oder Wasserstoffbussen (H₂-Bussen) die vorhandenen Gefährdungs-

beurteilungen auf die neuen Gefährdungen und eventuell veränderte Umgebungsbedingungen und Arbeitsbereiche angepasst werden.

Gefährdung durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre

Da Wasserstoff ein sehr leichtes, geruchloses Gas ist, welches in Verbindung mit Luft einen sehr weiten Zündbereich besitzt, müssen in den Gefährdungsbeurteilungen für Busse mit Wasserstoffsystem mögliche Explosionsgefährdungen berücksichtigt werden. Unsachgemäß ausgeführte Arbeiten oder Beschädigungen an Wasserstoffkomponenten können zum Austreten von Wasserstoff führen. Dies ist unbedingt zu verhindern. In Serienfahrzeugen wird der Wasserstoff in der Regel als komprimiertes Gas in Hochdrucktanks (mit 350 bar oder 700 bar) gespeichert. Die Wasserstoffsysteme von solchen Fahrzeugen gelten als „technisch dicht“ (gemäß TRGS 722), sofern keine Beschädigungen oder Fehler an der Anlage vorliegen und keine Änderungen vorgenommen werden. Vor Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme, nach Änderungen oder Reparaturen ist die Dichtheit der Anlage mit einem geeigneten Verfahren zu prüfen.

Ist die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre möglich (zum Beispiel durch Undichtigkeiten im Wasserstoffsystem), muss gemäß Betriebssicherheitsverordnung ein Explosionsschutzdokument erstellt werden. In diesem sind die zu treffenden Schutzmaßnahmen entsprechend der Gefährdungen sowie die Festlegung von Zuständigkeiten und Einteilung der Arbeitsbereiche in Explosionsschutzonen zu dokumentieren.

Gefährdung durch unter Druck stehende Gase

Busse mit Brennstoffzellen-Systemen sind in der Regel mit 350 bar Druckgasspeichern ausgestattet, in denen gasförmiger Wasserstoff gespeichert wird. Die Freisetzung der Druckenergie kann lebensgefährlich sein. Unter hohem Druck stehende Teile des Gassystems dürfen grundsätzlich nicht geöffnet werden. Dies ist unabhängig vom Medium und gilt nicht nur für Wasserstoffsysteme.

Gefährdung durch heiße oder kalte Oberflächen und Medien

Bei Bussen mit Wasserstoff- oder Brennstoffzellen-Systemen kann es sowohl heiße als auch kalte Oberflächen geben, deren Berühren gefährlich sein kann. Wenn Gase unter hohem Druck ausströmen, wie beispielsweise beim Befüllen eines Wasserstofftanks, können Oberflächen und Ventile sehr kalt werden; ein Berühren kann zu Verletzungen der Haut (Erfrierungen) führen.

In Fahrzeugen kommen in der Regel PEM-Brennstoffzellen zum Einsatz, die eine Betriebstemperatur von 80 °C bis 100 °C aufweisen. Diese besitzen üblicherweise eine Flüssigkeitskühlung. Das Öffnen heißer, unter Druck stehender Teile des Kühlsystems birgt die Gefahr der Verbrühung.

4.3.2 Betriebsanweisungen Wasserstoff

Für den Umgang mit Fahrzeugen die Wasserstoffkomponenten besitzen sind entsprechende Betriebsanweisungen zu erstellen, die Beschäftigten zu unterweisen und ihnen die Betriebsanweisungen zugänglich zu machen. Als Hilfe für die Erstellung

eigener Betriebsanweisungen wurde exemplarisch die Betriebsanweisung „Tätigkeiten an Fahrzeugen mit Wasserstoffkomponenten“ erstellt, die Sie unter www.vbg.de/elektromobilitaet finden.



Abbildung 29: Unterweisung der Betriebsanweisungen Wasserstoff

4.3.3 Unterweisung Wasserstoff

Mitarbeitende, die mit Wasserstoffbussen arbeiten, müssen in das Bedienen der Fahrzeuge und die auszuführende Tätigkeit eingewiesen, sowie über die möglichen Gefahren und zu treffenden Schutzmaßnahmen unterwiesen werden.

Der Umfang der Unterweisung richtet sich nach der Art der Tätigkeiten, den Gefährdungen, die sich während der Tätigkeiten an dem jeweiligen Wasserstoffbus ergeben können, sowie nach Umfang der Schutzmaßnahmen.

Für Fahr- und Reinigungspersonal erfolgt die Unterweisung in Form einer Sensibilisierung.

4.3.4 Qualifikationen Wasserstoff

Arbeiten an Gassystemen dürfen nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Hinweise zur Ermittlung der notwendigen Umfänge der Qualifizierungen, sowie zu den Qualifizierungsinhalten be-

finden sich im Kapitel 5.2 „Wasserstoff“, im Anhang, sowie in der „FBHM-099 Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieb“.

Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Reinigungstätigkeiten (H₂-Bus-R)

Bei der Innen- und Außenreinigung ist keine zusätzliche Gefährdung vorhanden, da die Wasserstofffahrzeuge technisch dicht und berührungsgeschützt aufgebaut sind. Allerdings ist darauf zu achten, dass keine Beschädigungen am Gassystem vorliegen. Das Reinigungspersonal ist bezüglich der Gefährdungen zu sensibilisieren. Verantwortliche Personen sowie Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner müssen bekannt sein.

Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Fahrtätigkeiten (H₂-Bus-F)

Beim Fahren von Bussen mit Wasserstoffkomponenten ist keine zusätzliche Gefährdung vorhanden, da im Fahrgast- und Fahrerbereich keine gasführenden Teile verbaut sind. Allerdings ist darauf zu achten, dass bei Unfällen, Beschädigungen und beim Abschleppen, Gefährdungen auftreten können. Busfahrer und Busfahrerinnen sind bezüglich dieser Gefährdungen zu sensibilisieren. Darüber hinaus sind sie in zusätzliche Tätigkeiten wie den Tankvorgang und spezielle Sicherheits- und Bedienelemente einzuweisen. Verantwortliche Personen sowie Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner müssen bekannt sein.

Fachkundig unterwiesene Person für Arbeiten, die das Wasserstoffsystem nicht betreffen (H₂-Bus-FuP)

Arbeiten, die das Gassystem nicht betreffen, umfassen alle Arbeiten außerhalb der gasführenden Komponenten, unabhängig vom Druck. Bei diesen Tätigkeiten können Gefährdungen zum Beispiel durch unsachgemäße Ausführung oder durch Beschädigungen am Gas System auftreten. Daher sind Beschäftigte, die diese Tätigkeiten ausführen, über die auszuführenden Tätigkeiten, die möglichen Gefährdungen, die für die jeweilige Tätigkeit anzuwendenden Schutzmaßnahmen sowie den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Fahrzeuges

zu unterweisen. Einige Tätigkeiten, die das Gassystem nicht betreffen, erfordern zusätzliche Schutzmaßnahmen, wie die Entleerung oder gegebenenfalls Inertisierung des Gassystems sowie die Überprüfung der Dichtigkeit und Sicherheitsfunktionen durch eine „Fachkundige Person H₂-Bus-FP“.

Fachkundige Person für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen (H₂-Bus-FP)

Arbeiten an Wasserstoffsystemen von Bussen wie die Instandhaltung und Prüfung umfassen festgelegte Arbeiten an Wasserstoffkomponenten, die für den sicheren Betrieb und die Instandhaltung notwendig sind. Dies sind beispielsweise Fehlersuche, Entleeren und gegebenenfalls Inertisieren, Bauteil- oder Leitungsaustausch sowie Wiederinbetriebnahme und Dichtheitsprüfung. Bei Arbeiten am Gassystem können Gefährdungen durch unsachgemäße Ausführung oder durch Beschädigungen am Wasserstoffsystem auftreten. Zudem können sich der Aufbau und die vom Hersteller getroffenen Schutzmaßnahmen der Systeme in Bussen sehr stark unterscheiden.

Für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen ist eine Qualifikation zur „Fachkundigen Person H₂-Bus-FP“ notwendig. Dabei ist das Wasserstoffsystem zu entleeren und in seltenen Fällen zu inertisieren. Die Qualifizierung zur H₂-Bus-FP erfolgt nach Art und Umfang der auszuführenden Tätigkeiten und der bereits erworbenen individuellen Kenntnisse.

Fachkundige Person für Nachrüstung, Aufbau und Änderung von Wasserstoffsystemen

In der „FBHM 099 Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieb“ sind die Qualifizierungsstufen 3S „Nachrüstung von Gassystemen“ und 3E „Aufbau und Änderung von Gassystemen“ definiert. Von Verkehrsbetrieben werden in der Regel keine Wasserstoffsysteme nachgerüstet, aufgebaut oder geändert. Deshalb findet diese Stufe hier keine Anwendung.



Abbildung 30: Qualifizierung für Arbeiten an HV-Systemen

5 Qualifizierung

5.1 Hochvolt

In der DGUV Information 209-093 werden Qualifizierungen für Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-System beschrieben. Dabei wird zwischen den Qualifizierungen für Arbeiten an Hochvoltssystemen in Forschung, Entwicklung und Produktion (Stufe E bis 3E) und den Qualifizierungen für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit Hochvoltssystem (Stufe S bis 3S) unterschieden.

Voraussetzung für sicheres Arbeiten an HV-Bussen sind darüber hinaus notwendige Kenntnisse, Erfahrungen und Fähigkeiten bezüglich der eingesetzten Fahrzeuge. Deshalb ist in der Regel eine Zusatzqualifizierung der Beschäftigten notwendig.

Omnibusse mit Hochvoltssystemen sind äußerst komplex, sehr unterschiedlich und teilweise nicht HV-eigensicher aufgebaut. Die Traktionsbatterien verfügen über einen sehr hohen Energieinhalt und es treten hohe Spannungen, Ströme sowie elektrische Leistungen auf. Darüber hinaus handelt es sich um komplexe Nutzfahrzeuge für den Personennahverkehr. Technische Fehler können verheerende Auswirkungen auf die Fahrgäste, das Personal oder, bei einem Brand, auf die Infrastruktur der Betriebshöfe haben. An das Fachpersonal in den Betriebshöfen des öffentlichen Personennahverkehrs werden deshalb höhere Anforderungen gestellt als von der DGUV Information 209-093 für die Qualifizierung nach Stufe 2S für Arbeiten an HV-Serienfahrzeugen vorgegeben.

Umfang und Inhalte der Qualifizierung hängen von den auszuführenden Tätigkeiten und den Fahrzeugen beziehungsweise HV-Systemen ab und sind individuell an die jeweiligen Anforderungen anzupassen. Die Praxis sollte an den eingesetzten Fahrzeugen erfolgen oder durch eine separate Einweisung nachgeholt werden. Für Arbeiten an HV-Bussen sind nach diesem Leitfaden folgende Qualifikationsstufen festgelegt:

- HV-Bus-R: Sensibilisierte Person Hochvolt, für Reinigungstätigkeiten
- HV-Bus-F: Sensibilisierte Person Hochvolt, für Fahrtätigkeiten
- HV-Bus-EuP: Elektrotechnisch unterwiesene Person für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen (Service, mechanische Arbeiten, ...)
- HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen
- HV-Bus-Efk-AuS: Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen
- HV-Bus-vEfk: Verantwortliche Elektrofachkraft für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen
- HV-Bus-Ausbilderin oder -Ausbilder: Ausbilderin oder Ausbilder für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen

Die Dauer der Qualifizierungsmaßnahmen richtet sich insbesondere nach den Eingangsqualifikationen der Beschäftigten sowie nach den auszuführenden Tätigkeiten und den damit verbundenen Gefährdungen. Die nachfolgenden Qualifizierungsumfänge sind daher Mindestempfehlungen. Angaben zu möglichen Qualifizierungsinhalten finden sich in den Anhängen.

Diese sind Empfehlungen und jeweils an die konkreten Anforderungen (Tätigkeiten, Vorbildung der Beschäftigten, Systemaufbau, Gefährdungen) anzupassen.

5.1.1 HV-Bus-R: Sensibilisierte Person Hochvolt, für Reinigungstätigkeiten

Die Qualifizierung zur HV-Bus-R erfolgt durch eine Sensibilisierung „HV-Bus 0-R“ im Rahmen der üblichen Sicherheitsunterweisungen. Es werden keine elektrotechnischen Vorkenntnisse vorausgesetzt. Das Reinigungspersonal ist vor Aufnahme der Tätigkeit für mögliche Gefährdungen durch den elektrischen Antriebsstrang zu sensibilisieren. Die Fahrzeuge sind berührungsgeschützt aufgebaut. Allerdings ist darauf zu achten, dass alle Serviceklappen geschlossen sind, da sich dahinter HV-Komponenten befinden können. Auch die Verwendung von Hochdruckreinigern oder Besonderheiten, die bei der Reinigung in automatischen Waschanlagen zu berücksichtigen sind (Pantograph und Dachbürste), sollten Teil der Sensibilisierung sein.

Eine Motorreinigung oder Reinigung bei geöffneten Serviceklappen darf von einer HV-sensibilisierten Person für Reinigungstätigkeiten (HV-Bus-R) nicht durchgeführt werden. Durch beschädigte HV-Leitungen oder HV-Komponenten kann eine Gefährdung entstehen. Darüber hinaus besteht die Gefahr der Beschädigung von HV-Komponenten durch unsachgemäße Reinigung mit hohem Wasserdruck oder durch Dachbürsten in automatischen Waschanlagen.

Es wird empfohlen, eine Praxiseinweisung an den eingesetzten Fahrzeugen durchzuführen.

5.1.2 HV-Bus-F: Sensibilisierte Person Hochvolt, für Fahrtätigkeiten

Die Qualifizierung zur HV-Bus-F erfolgt durch eine Sensibilisierung „HV-Bus 0-F“ im Rahmen der Unterweisungen, die alle Bedientätigkeiten umfasst. Diese beinhalten auch das sichere Abstellen und das Laden des Fahrzeugs. Es werden keine elektrotechnischen Vorkenntnisse vorausgesetzt. Das Fahrpersonal ist auf die Bedienung, spezielle Bedienelemente (wie dem Not-Aus-Schalter am Fahrerarbeitsplatz), das optimale Betreiben des Fahrzeugs sowie auf Besonderheiten und neue Technologien, die

häufig zu Rückfragen der Fahrgäste führen, zu unterweisen. Zusätzlich ist besonders auf das richtige Verhalten im Gefahrenfall, bei Unfall, Beschädigungen und Pannen sowie beim Abschleppen hinzuweisen.

Es wird empfohlen, eine Praxiseinweisung an den eingesetzten Fahrzeugen durchzuführen.

5.1.3 HV-Bus-EuP: Elektrotechnisch unterwiesene Person für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen

Die Qualifizierung zur HV-Bus-EuP erfolgt durch die Unterweisung „HV-Bus 1“. Hier werden ebenfalls keine elektrotechnischen Kenntnisse vorausgesetzt. Personen mit der Qualifizierung HV-Bus-EuP dürfen eigenständig nur mechanische Arbeiten oder Service-Arbeiten beziehungsweise Arbeiten an der konventionellen 24V-Bordelektrik durchführen, die keinen Einfluss auf das HV-System haben. Arbeiten am HV-System oder an Teilen des 24V-Systems, die Einfluss auf Funktionen des HV-Systems haben, dürfen nur unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft Hochvolt (HV-Bus-Efk-AisZ) und nur im spannungsfreien Zustand erfolgen. Es ist auf den richtigen Umgang mit beschädigten Fahrzeugen sowie auf zusätzliche Schutzmaßnahmen bei Karosseriearbeiten (zum Beispiel Lackieren) hinzuweisen.

Der zeitliche Umfang sollte mindestens 4 UE betragen. Zusätzlich wird empfohlen, eine Praxiseinweisung an den eingesetzten Fahrzeugen durchzuführen.

5.1.4 HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungs-freien Zustand an Bussen mit HV-Systemen

Die Qualifizierung zur HV-Bus-Efk-AisZ erfolgt durch die Schulung „HV-Bus 2“ unter Berücksichtigung der bereits erworbenen individuellen elektrotechnischen Kenntnisse. Das Ablaufdiagramm aus Anhang 8.1–8.4

gibt eine Hilfestellung für die Ermittlung der notwendigen Qualifizierungsmaßnahme zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ in Abhängigkeit der Vorbildung.

Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2, Einstieg A (HV-Bus 2-A)

Schulungsumfang: 100 UE

(davon mindestens 16 UE Praxis)

Für elektrotechnische Laien und Laiinnen mit technischer Ausbildung.

Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2, Einstieg B-Aufbau (HV-Bus 2-B-Aufbau)

Schulungsumfang: 28 UE

(davon mindestens 16 UE Praxis)

Für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich, zum Beispiel Elektrik, Mechatronik, Mechanik und der Fachkunde für Arbeiten an HV-Serienfahrzeugen (Qualifizierung Stufe 2S nach DGUV Information 209-093).

Personen, die eine Kfz-Ausbildung nach 2013 nicht in einem Verkehrsbetrieb absolviert haben, müssen die Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-B-Aufbau absolvieren, um die Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ zu erhalten.

Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2, Einstieg B (HV-Bus 2-B)

Schulungsumfang: 48 UE

(davon mindestens 16 UE Praxis)

Für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich, zum Beispiel Elektrik, Mechatronik, Mechanik sowie für Personen mit Ingenieur- oder naturwissenschaftlichem Studium und mit erfolgreich abgeschlossener Eingangsprüfung „Elektrotechnische Grundkenntnisse“.

Personen, die eine Kfz-Ausbildung nach 2013 in einem Verkehrsbetrieb an den eingesetzten HV-Bussen absolviert haben, besitzen bereits die Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ.

Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2, Einstieg C (HV-Bus 2-C)

Schulungsumfang: 24 UE

(davon mindestens 16 UE Praxis)

Für Elektrofachkräfte, zum Beispiel Industrie-elektroniker und Industrieelektronikerinnen, Elektromonteur und Elektromonteurinnen sowie Elektroingenieure und Elektroingenieurinnen.

Die Praxis sollte an den eingesetzten Fahrzeugen erfolgen oder durch eine separate Einweisung nachgeholt werden. Sowohl die theoretischen als auch die praktischen Kenntnisse sind mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.

Nach erfolgreicher Qualifikation sind die Fachkenntnisse in regelmäßigen Abständen (mindestens alle

vier Jahre) durch eine Wiederholungsausbildung inklusive Prüfung auf aktuellem Stand zu halten und zu dokumentieren.

Angaben zu den Qualifizierungsinhalten sind im Anhang zu finden.

5.1.5 HV-Bus-Efk-AuS: Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen

Die Qualifizierung zur HV-Bus-Efk-AuS setzt den Erwerb der Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ voraus und erfolgt unter Berücksichtigung der bereits erworbenen individuellen elektrotechnischen Kenntnisse. Das Ablaufdiagramm aus Anhang 8.4 gibt eine Hilfestellung für die Ermittlung der notwendigen Qualifizierungsmaßnahme zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Efk-AuS.

Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 3

Schulungsumfang: 24 UE

(davon mindestens 16 UE Praxis)

Für Personen mit der Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ.

Angaben zu den Qualifizierungsinhalten befinden sich im Anhang.

Die Praxis sollte an den eingesetzten Fahrzeugen beziehungsweise Batteriesystemen durchgeführt oder durch eine separate Einweisung nachgeholt werden. Sowohl die theoretischen als auch die praktischen Kenntnisse sind mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.

Um die Tätigkeit auszuführen, muss zusätzlich zur Schulung eine Erste-Hilfe-Ausbildung absolviert werden. Ausführende müssen mindestens 18 Jahre alt und gesundheitlich geeignet sein (siehe Kapitel 4.1.6).

Nach erfolgreicher Qualifikation sind zum Erhalt der Qualifizierung die Fachkenntnisse in regelmäßigen Abständen (mindestens alle vier Jahre) durch eine Wiederholungsausbildung inklusive Prüfung auf aktuellem Stand zu halten und zu dokumentieren.

Personen, die eine Kfz-Ausbildung nach 2013 mit dem Schwerpunkt „System- und Hochvolttechnik“ in einem Verkehrsbetrieb abgeschlossen haben, besitzen bereits die Qualifikation HV-Bus-Efk-AuS. Wenn Arbeiten an den eingesetzten Batteriesystemen nicht Teil der Ausbildung waren, wird für Arbeiten an Batteriesystemen jedoch eine Zusatzqualifizierung benötigt.

5.1.6 HV-Bus-vEfk: Verantwortliche Elektrofachkraft für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen

Die Qualifizierung zur HV-Bus-vEfk setzt den Erwerb folgender Qualifikationen voraus:

- Fach- und Führungsverantwortung beziehungsweise eine Berufsausbildung als staatlich geprüfte Meisterin und geprüfter Meister, Technikerin oder Techniker, Bachelor, Master, Diplom im Bereich Kfz-Technik, Mechatronik oder Elektrotechnik sowie Personen mit Ingenieurs- oder naturwissenschaftlichem Studium
- Qualifikation zur HV-Bus-Efk-AuS
- Mehrjährige Berufserfahrung

Es wird die Absolvierung einer Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 4, Schulungsumfang: 20 UE, empfohlen.

5.1.7 HV-Bus-Ausbilderin oder -Ausbilder: Ausbilderin oder Ausbilder für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen

Die Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Ausbilder/-in setzt keine Teilnahme an einer speziellen Qualifizierungsmaßnahme voraus. Um einen Mindeststandard bei der Ausbildung zu erreichen, sollten folgende Anforderungen an die Lehrgangsleitung gestellt werden:

- Qualifikation zur HV-Bus-Efk-AuS
- Berufsausbildung als staatlich geprüfte Meisterin und geprüfter Meister, Technikerin oder Techniker, Bachelor, Master, Diplom im Bereich Kfz-Technik, Mechatronik oder Elektrotechnik sowie Personen mit Ingenieur- oder naturwissenschaftlichem Studium
- Mehrjährige Berufserfahrung bei der Entwicklung oder Instandhaltung von HV-Fahrzeugen
- Erfahrungen in der Erwachsenenbildung
- Personenzertifizierung als AuS-Trainerin oder Trainer

Im Anhang dieses Leitfadens befinden sich genauere Beschreibungen der einzelnen Qualifizierungsmaßnahmen und -inhalte. Die Dokumente beschreiben das Qualifizierungsziel, die Eingangsvoraussetzungen, die Zielgruppen, den zeitlichen Umfang sowie die Inhalte der relevanten Lehreinheiten. Eine detaillierte Beschreibung der Inhalte der Lehreinheiten finden Sie unter www.vbg.de/elektromobilitaet.



Abbildung 31: Qualifizierung für Arbeiten an HV-Systemen

5.2 Wasserstoff

Der Umgang mit Wasserstoffsystemen ist für die meisten Betriebe neu, daher ist insbesondere bei der Einführung von Omnibussen mit Wasserstoff auf eine ausreichende Vorbereitung, wie beispielsweise die Qualifizierung der Mitarbeitenden, zu achten. Die Qualifizierungen für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gassystemen werden in der „FBHM 099 Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieb“ beschrieben. Dabei wird zwischen den Qualifizierungen für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieb in Forschung, Entwicklung und Produktion (Stufe E bis 3E) und den Qualifizierungen für Arbeiten in Aftersales- und Servicebetrieben (Stufe S bis 3S) unterschieden.

Insbesondere Brennstoffzellenbusse sind durch die Kombination von Wasserstoff- und HV-Komponenten sehr komplex aufgebaute Nutzfahrzeuge für den Personentransport. Technische Fehler können verheerende Auswirkungen auf die Fahrgäste, das Personal oder auf die Infrastruktur der Betriebshöfe haben. An das Fachpersonal in den Betriebshöfen des öffentlichen Personennahverkehrs werden deshalb höhere Anforderungen gestellt als für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit Wasserstoffsystem.

Umfang und Inhalte der Qualifizierungen hängen von den auszuführenden Tätigkeiten und den Fahrzeugen beziehungsweise Wasserstoffsystemen ab und sind individuell an die jeweiligen Anforderungen anzupassen. Das angewendete Gas muss nachweislich Inhalt der Qualifizierung sein. Die Praxis sollte an den eingesetzten Fahrzeugen erfolgen oder durch eine separate Einweisung nachgeholt werden.

Für Arbeiten an Bussen mit Wasserstoffkomponenten werden für Verkehrsbetriebe folgende Qualifikationsstufen festgelegt:

- H₂-Bus-R: Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Reinigungstätigkeiten
- H₂-Bus-F: Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Fahrtfähigkeiten
- H₂-Bus-FuP: Fachkundig unterwiesene Person für Arbeiten, die das Wasserstoffsystem nicht betreffen
- H₂-Bus-FP: Fachkundige Person für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen

5.2.1 H₂-Bus-R: Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Reinigungstätigkeiten

Die Qualifizierung zur H₂-Bus-R erfolgt durch eine Sensibilisierung „H₂-Bus 0-R“ im Rahmen der Unterweisungen, die alle Besonderheiten, Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Reinigungstätigkeiten umfasst.

Es wird ein zeitlicher Umfang von mindestens 0,5 UE empfohlen und eine Praxiseinweisung an dem eingesetzten Fahrzeug oder den eingesetzten Fahrzeugen durchzuführen.

5.2.2 H₂-Bus-F: Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Fahrtfähigkeiten

Die Qualifizierung zur H₂-Bus-F erfolgt durch eine Sensibilisierung „H₂-Bus 0-F“ im Rahmen der Unterweisungen, die alle Bedientätigkeiten umfasst. Diese beinhalten auch das sichere Abstellen und das Tanken des Fahrzeugs. Das Fahrpersonal ist auf die Bedienung, spezielle Bedienelemente, das optimale Betreiben des Fahrzeugs, sowie auf Besonderheiten und neue Technologien die häufig zu Rückfragen der Fahrgäste führen zu schulen. Zusätzlich ist besonders auf das richtige Verhalten im Gefahrenfall beziehungsweise Unfall, bei Beschädigungen und Pannen, sowie beim Abschleppen hinzuweisen.

Es wird ein zeitlicher Umfang von mindestens 0,5 UE empfohlen und eine Praxiseinweisung an dem eingesetzten Fahrzeug oder den eingesetzten Fahrzeugen durchzuführen.

5.2.3 H₂-Bus-FuP: Fachkundig unterwiesene Person für Arbeiten, die das Wasserstoffsystem nicht betreffen

Die Qualifizierung zur H₂-Bus-FuP erfolgt durch die Unterweisung „H₂-Bus 1“. Voraussetzung ist eine fachliche Ausbildung im Kfz-Bereich (zum Beispiel Mechatronik, Mechanik, Elektrik). Personen mit der Qualifizierung H₂-Bus-FuP dürfen eigenständig ausschließlich mechanische Arbeiten oder Service-Arbeiten an Komponenten außerhalb des Wasserstoffsystems durchführen. Zu diesen Tätigkeiten gehören auch Arbeiten am konventionellen 24V-Bordnetz, die weder Einfluss auf das HV-System noch auf das H₂-System haben. Zudem muss der H₂-Bus-FuP der fachgerechte Umgang mit beschädigten Fahrzeugen sowie zusätzliche Schutzmaßnahmen bei bestimmten Karosseriearbeiten (zum Beispiel Bohren, Schweißen, Lackieren) bekannt sein.

Der zeitliche Umfang muss mindestens 2 UE betragen. Zusätzlich kann eine Praxiseinweisung an dem eingesetzten Fahrzeug notwendig sein.

5.2.4 H₂-Bus-FP: Fachkundige Person für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen

Die Qualifizierung für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen erfolgt durch die Schulung „H₂-Bus 2“. Voraussetzung ist eine fachliche Ausbildung im Kfz-Bereich (zum Beispiel Mechatronik, Mechanik, Elektrik).

Der Schulungsumfang beträgt mindestens 10 UE für Instandhaltungsarbeiten an Serienbussen mit Wasserstoffsystem. Bei komplexeren Arbeiten an Wasserstoffkomponenten oder -Leitungen und Arbeiten an Prototypen- oder Vorserienfahrzeugen ist eine tiefergehende Qualifizierung und produktspezifische Einarbeitung notwendig. Hinweise zu Qualifizierungsinhalten befinden sich in der FBHM 099.

Die Praxis sollte an den eingesetzten Bussen durchgeführt werden. Sowohl Theorie als auch Praxis sind mit einer Prüfung abzuschließen und zu dokumentieren. Wenn an bisher unbekannten Fahrzeugen gearbeitet wird, hat eine produktspezifische Einweisung zu erfolgen.

Nach erfolgreicher Qualifikation sind zum Erhalt der Qualifizierung die Fachkenntnisse in regelmäßigen Abständen (mindestens alle drei Jahre) durch eine Wiederholungsausbildung inklusive Prüfung auf aktuellem Stand zu halten und zu dokumentieren.

6 Vorschriften, Regeln und Informationen

Gesetze und Verordnungen

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Verordnung über die Berufsausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker/zur Kraftfahrzeugmechatronikerin (KfzMechAusbV)

Technische Regeln

- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
- TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“
- TRBS 2152 „Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“
- TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“
- TRGS 720–725 „Gefährliche explosionsfähige Gemische“

DGUV Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 15 „Elektromagnetische Felder“

DGUV Regeln

- DGUV Regel 100-001 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Regel 100-500 „Betreiben von Arbeitsmitteln“
- DGUV Regel 103-011 „Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln“
- DGUV Regel 109-008 „Fahrzeug-Instandhaltung“
- DGUV Regel 112-189 „Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“
- DGUV Regel 112-193 „Benutzung von Kopfschutz“
- DGUV Regel 112-195 „Benutzung von Schutzhandschuhen“
- DGUV Regel 112-198 „Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz“

DGUV Informationen

- DGUV Information 209-093 „Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen“
- DGUV Information 203-001 „Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen“
- DGUV Information 203-004 „Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung“
- DGUV Information 203-005 „Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Einsatzbedingungen“
- DGUV Information 203-034 „Errichten und Betreiben von elektrischen Prüfanlagen“
- DGUV Information 204-043 „Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder“
- DIN EN 50527-2-1 „Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern“
- DGUV Information 203-049 „Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel – Praxistipps für Betriebe“
- DGUV Information 203-070 „Wiederkehrende Prüfungen ortsveränderlicher elektrischer Arbeitsmittel – Fachwissen für den Prüfer“
- DGUV Information 203-071 „Wiederkehrende Prüfungen ortsveränderlicher elektrischer Arbeitsmittel – Organisation durch den Unternehmer“
- DGUV Information 203-077 „Thermische Gefährdung durch Störlichtbögen“
- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“
- DGUV Information 205-001 „Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz“
- DGUV Information 209-072 „Wasserstoffsicherheit in Werkstätten“
- DGUV Information 211-001 „Übertragung von Unternehmerpflichten“
- DGUV Information 211-010 „Sicherheit durch Betriebsanweisungen“
- DGUV Information 212-515 „Persönliche Schutzausrüstung“
- DGUV Information 250-010 „Eignungsuntersuchungen in der betrieblichen Praxis“
- FBFB-024 „Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus bei Fahrzeugbränden“, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
- FBFB-018 „Hinweise zum betrieblichen Brandschutz bei der Lagerung und Verwendung von Lithium-Ionen-Akkus“
- FBHM-099 „Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieb“, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
- BGHM Information 102 „Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen“

Normen/VDE-Bestimmungen

- DIN 14096 „Brandschutzordnung – Regeln für das Erstellen und Aushängen“
- DIN EN 50191 (VDE 0104) „Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen“
- DIN EN 60900 (VDE 0682-201) „Arbeiten unter Spannung“
- DIN EN 61140 (VDE 0140-1) „Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel“
- DIN EN 61243-3 (VDE 0682-401) „Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer“
- DIN EN 61477 (VDE 0682-130) „Arbeiten unter Spannung – Mindestanforderungen für die Nutzung von Werkzeugen, Geräten und Ausrüstungen“
- DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen“
- DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“
- DIN VDE 0701-0702 „Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte“
- DIN VDE 1000-10 „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“
- DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1) „Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere“
- ECE R 100 „Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge“
- ECE R 134 „Wasserstoff und Brennstoffzellen betriebene Fahrzeuge“
- ISO 6469 „Electrically propelled road vehicles“

VDV-Schriften und VDV-Mitteilungen

- VDV-Schrift 825 „Anforderungen an Betriebshöfe und Werkstätten beim Einsatz von Linienbussen mit sauberen und/oder emissionsfreien Antrieben“
- VDV-Schrift 822 „Richtlinie für den Bau von Betriebshöfen“
- VDV-Mitteilung 8002 „Hinweise zur Einführung von Hybridbussen aus Sicht der Instandhaltung“

Weitere Medien und Schriften

- IVSS, Leitlinie zur Beurteilung der Befähigung von Elektrofachkräften, Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit, Hrsg.
- IVSS, Leitlinie für die Beurteilung der Befähigung von AuS-Personal, Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit, Hrsg.
- Kultusministerkonferenz, RAHMENLEHRPLAN für den Ausbildungsberuf Kraftfahrzeugmechatroniker und Kraftfahrzeugmechatronikerin, April 2013
- H. M. Leonardi, Sicherheit zum Nachschlagen – Elektrotechnik, BG ETEM, Hrsg., Köln, April 2013
- BAuA, Ratgeber zur Gefährdungsbeurteilung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Hrsg., Dortmund, März 2016
- FAQ-Liste der AG, Handlungsrahmen Elektromobilität, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Hrsg., Berlin, September 2022

7 Glossar

AC	Alternating Current (Wechselspannung)
AuS	Arbeiten unter Spannung
BG ETEM	Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse
DC	Direct Current (Gleichspannung)
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung
ECE	The United Nations Economic Commission for Europe. Eigentlich UNECE
EuP	Elektrotechnisch unterwiesene Person
Efk	Elektrofachkraft
HV	Hochvolt
HV-Bus-R	Sensibilisierte Person Hochvolt, für Reinigungstätigkeiten
HV-Bus-F	Sensibilisierte Person Hochvolt, für Fahrtätigkeiten
HV-Bus-EuP	Elektrotechnisch unterwiesene Person für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen
HV-Bus-Efk	Elektrofachkraft für Arbeiten an Bussen mit Hochvoltssystemen
HV-Bus-Efk-AisZ	Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen
HV-Bus-Efk-AuS	Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen
HV-Bus-vEfk	Verantwortliche Elektrofachkraft für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen
H ₂	Wasserstoff
H ₂ -Bus-R	Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Reinigungstätigkeiten
H ₂ -Bus-F	Sensibilisierte Person Wasserstoff, für Fahrtätigkeiten
H ₂ -Bus-FuP	Fachkundig unterwiesene Person für Arbeiten, die das Wasserstoffsystem nicht betreffen
H ₂ -Bus-FP	Fachkundige Person für Arbeiten an Wasserstoffkomponenten von Bussen
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
UE	Unterrichtseinheit 45 Minuten
VBG	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft
vEfk	Verantwortliche Elektrofachkraft

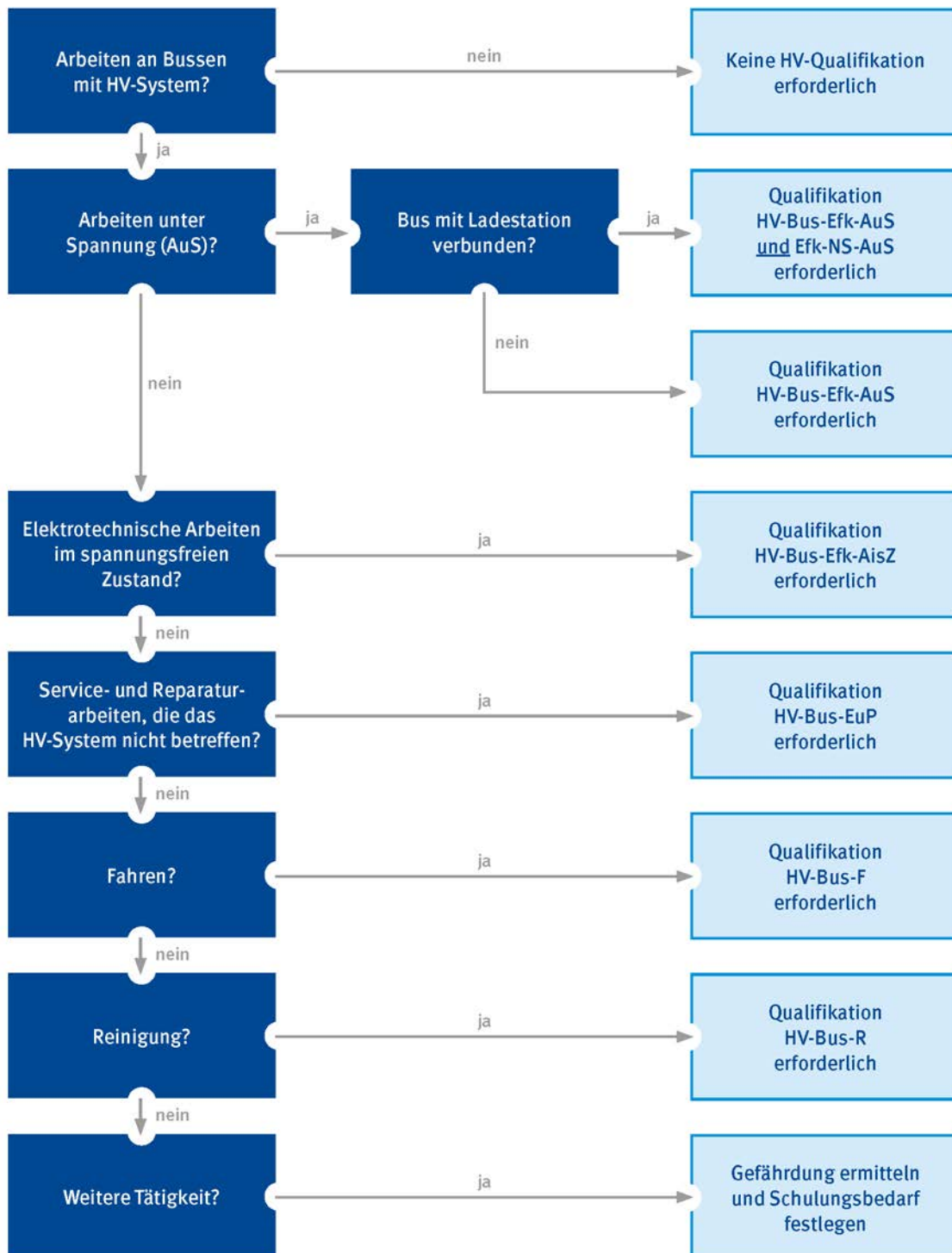


Abbildung 32: Busse in einer Fahrzeughalle mit Dacharbeitsstand

8 Anhänge

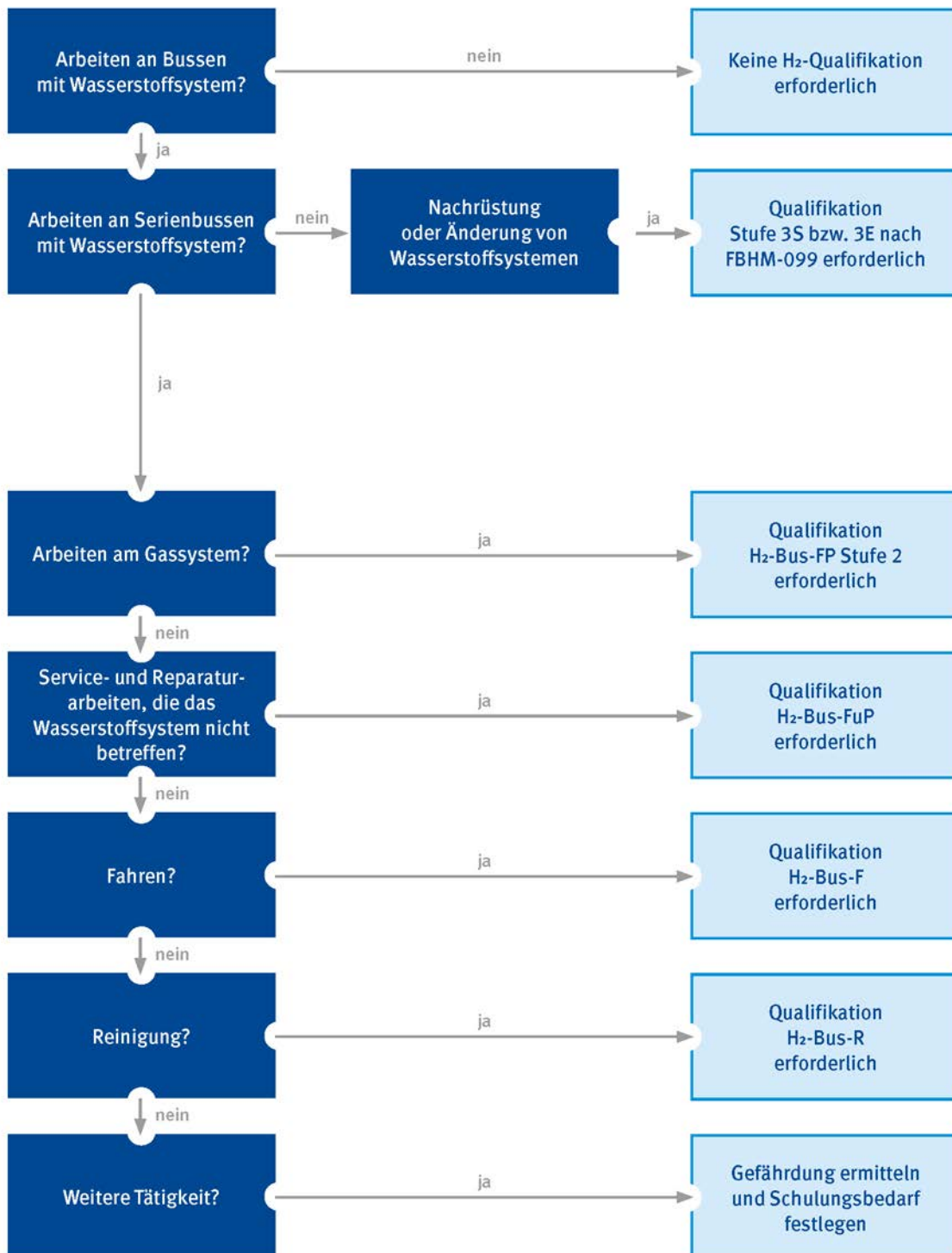
8.1 Qualifikation für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen

Ermittlung der notwendigen Qualifikation der Beschäftigten für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen



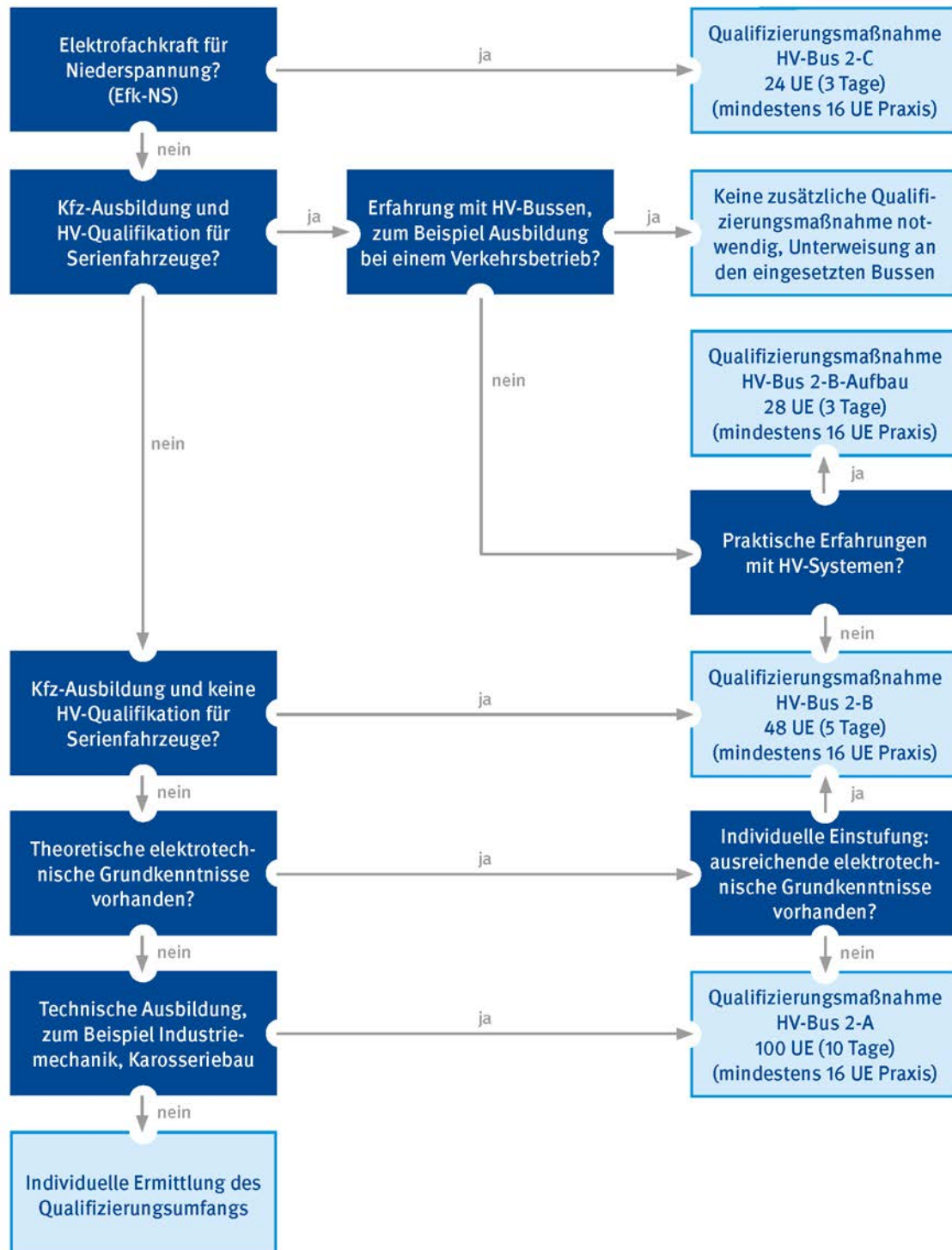
8.2 Qualifikation für Arbeiten an Bussen mit Wasserstoffsystemen

Ermittlung der notwendigen Qualifikation der Beschäftigten für Arbeiten an Bussen mit Wasserstoffsystemen



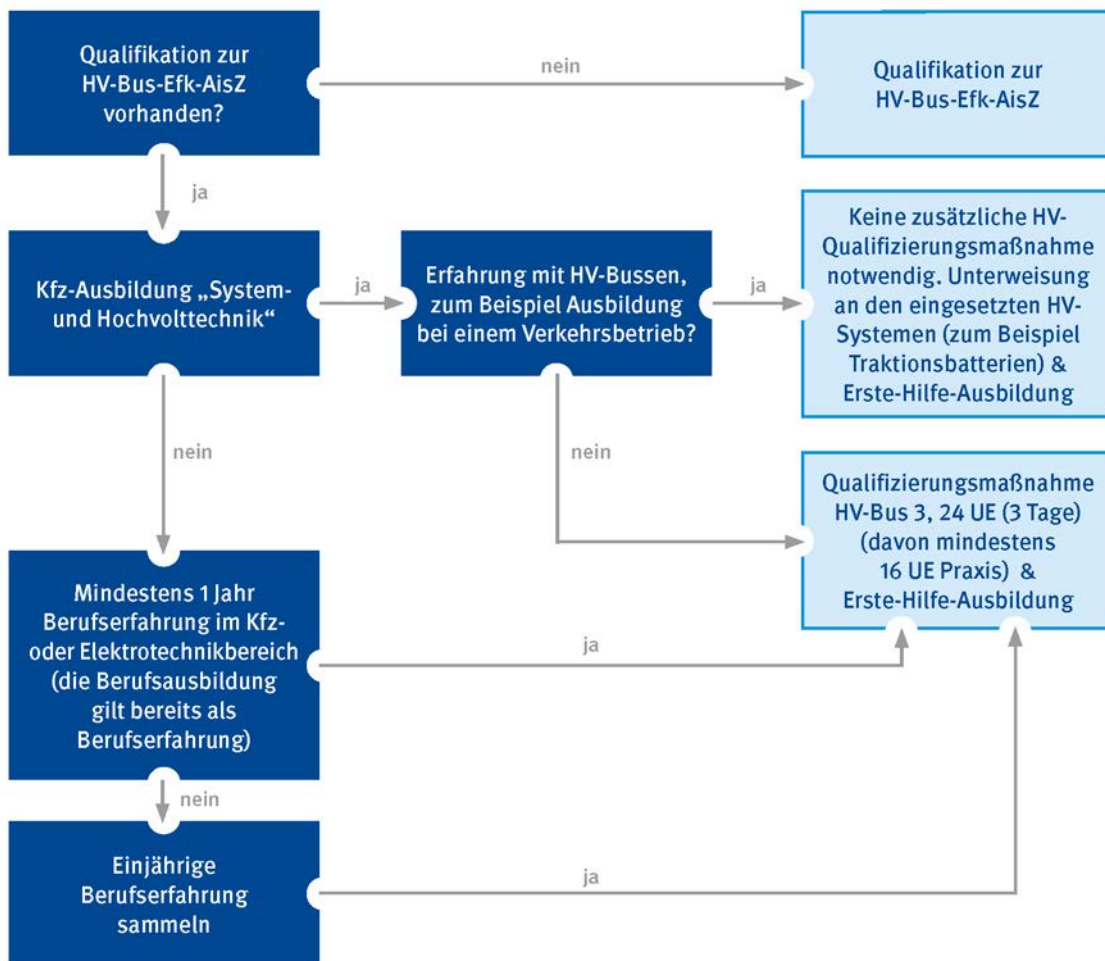
8.3 Qualifizierungsmaßnahmen für Arbeiten im spannungsfreien Zustand

Ermittlung der Qualifizierungsmaßnahme für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen (HV-Bus-Efk-AisZ) in Abhängigkeit der Vorbildung



8.4 Qualifizierungsmaßnahmen für Arbeiten unter Spannung

Ermittlung der Qualifizierungsmaßnahme für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen (HV-Bus-Efk-AuS) in Abhängigkeit der Vorbildung



8.5 Qualifikationsmatrix Arbeiten an Hochvoltssystemen

Qualifikationsmatrix – Zusammenhang zwischen Eingangsqualifikation, auszuübenden Tätigkeiten, der daraus resultierenden geforderten Qualifikation und der notwendigen Qualifizierungsmaßnahme

Geforderte Qualifikation (Qualifikationsstufen)		HV-Bus-R	HV-Bus-F
Tätigkeiten an HV-Bussen		Busse reinigen	Busse fahren
Vorbildung – Eingangsqualifikation	Keine besonderen beruflichen Voraussetzungen erforderlich	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen HV-Bus 0-R	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen HV-Bus 0-F
	Einstieg A: Personen ohne elektrotechnische Vorkenntnisse mit technischer Ausbildung	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen HV-Bus 0-R	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen HV-Bus 0-F
	Einstieg B: Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Fahrzeugbereich, zum Beispiel ausgebildet in der Kfz-Elektrik, Kfz-Mechatronik, Kfz-Mechanik, Land- und Baumaschinenmechatronik		
	Einstieg B-Aufbau: Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Fahrzeugbereich, zum Beispiel ausgebildet in der Kfz-Elektrik, Kfz-Mechatronik, Kfz-Mechanik, Land- und Baumaschinenmechatronik und der Fachkunde für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit HV-Systemen in Servicewerkstätten nach Stufe 2S der DGUV Information 209-093.		
	Einstieg C: Personen mit elektrotechnischer Ausbildung, zum Beispiel Industrieelektroniker und -elektronikerinnen, Elektromonteur und -monteurinnen, Elektroingenieurinnen und -ingenieure		

1 UE (Unterrichtseinheit): 45 Minuten

HV-Bus-EuP	HV-Bus-Efk-AisZ	HV-Bus-Efk-AuS	HV-Bus-vEfk	HV-Bus Ausbilder
Service- und Reparaturarbeiten, die das HV-System nicht betreffen	Elektrotechnische Arbeiten am HV-System im spannungsfreien Zustand	Arbeiten unter Spannung	Übernahme der Unternehmerverantwortung	Durchführung von Qualifizierungsmaßnahmen
Unterweisung HV-Bus 1 4 UE	Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-A 100 UE (10 Tage)	Qualifikation zur HV-Bus-Efk-AisZ zzgl. 1. Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 3 24 UE (3 Tage) 2. Mindestens 1 Jahr Berufserfahrung im Kfz-Bereich oder der Elektrotechnik zum Beispiel Kfz-Mechatronik oder Elektrofachkraft Niederspannung 3. Erste-Hilfe-Ausbildung	Qualifikation zur HV-Bus-Efk-AuS zzgl. 1. Berufsausbildung als staatlich geprüfte/-r Meister/-in oder Techniker/-in, Bachelor, Master, Diplom im Bereich Kfz-Technik, Mechatronik oder Elektrotechnik 2. Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 4 20 UE (2 Tage) 3. Mehrjährige Berufserfahrung	Qualifikation zur HV-Bus-Efk-AuS zzgl. 1. Berufsausbildung als staatlich geprüfte/-r Meister/-in oder Techniker/-in, Bachelor, Master, Diplom im Bereich Kfz-Technik, Mechatronik oder Elektrotechnik 2. Mehrjährige Berufserfahrung 3. Erfahrungen in der Erwachsenenbildung 4. Personenzertifizierung als AuS-Trainer/-in
	Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-B 48 UE (5 Tage)			
	Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-B-Aufbau 28 UE (3 Tage)			
	Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-C 24 UE (3 Tage)			
Notwendige Qualifizierungsmaßnahme				

8.6 Qualifikationsmatrix Arbeiten an Wasserstoffsystemen

Qualifikationsmatrix – Zusammenhang zwischen Eingangsqualifikation, auszuübenden Tätigkeiten, der daraus resultierenden geforderten Qualifikation und der notwendigen Qualifizierungsmaßnahme

Geforderte Qualifikation (Qualifikationsstufen)		H ₂ -Bus-R	H ₂ -Bus-F	H ₂ -Bus-FuP	H ₂ -Bus-FP
Tätigkeiten an H ₂ -Serienbussen		Busse reinigen	Busse fahren	Service- und Reparaturarbeiten, die das H ₂ -System nicht betreffen	Arbeiten am H ₂ -System
Vorbildung – Eingangsqualifikation	Keine besonderen beruflichen Voraussetzungen erforderlich	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen H ₂ -Bus 0-R 0,5 UE	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen H ₂ -Bus 0-F 0,5 UE		
	Personen mit fachlicher Ausbildung im Kfz-Bereich (z. B. KFZ-Mechatroniker/-in, KFZ-Mechaniker/-in, KFZ-Elektriker/-in) [Für Arbeiten an Brennstoffzellenbussen wird zudem eine HV-Qualifikation vorausgesetzt]	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen H ₂ -Bus 0-R 0,5 UE	Sensibilisierung im Rahmen der Unterweisungen H ₂ -Bus 0-F 0,5 UE	Unterweisung H ₂ -Bus 1 2 UE	Qualifizierungsmaßnahme H ₂ -Bus 2 10 UE (1 Tag)
		Notwendige Qualifizierungsmaßnahme			

1 UE (Unterrichtseinheit): 45 Minuten



Abbildung 33: E-Bus in einer Fahrzeughalle

8.7 Qualifizierungsinhalte HV-Bus 1

Qualifizierungsinhalte der Unterweisung HV-Bus 1 zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-EuP

Qualifizierungsziel:	Befähigung für Arbeiten an HV-Bussen, die das HV-System nicht betreffen.
Zielgruppe:	Alle Mitarbeitenden, die Arbeiten an HV-Fahrzeugen ausführen, die das HV-System nicht betreffen, wie zum Beispiel Testfahrten, Karosseriearbeiten, Servicearbeiten, Öl- und Räderwechsel, ...
Eingangsvoraussetzungen:	Qualifizierung entsprechend Tätigkeitsprofil: Karosseriebauer/-in, Testfahrer/-in, Facharbeiter/-in
Umfang:	mindestens 4 UE (1 UE = 45 Minuten).
Veranstaltungsart:	Seminar und praktische Übung an den eingesetzten Fahrzeugen (4 UE).
Abschlussqualifikation:	Erlangung der Voraussetzungen für die Ernennung zur Qualifikation HV-Bus-EuP: Qualifikation für Arbeiten, die das HV-System nicht betreffen.
Inhalt:	Durch diese Unterweisung werden die Teilnehmenden im Umgang mit HV-Bussen sensibilisiert, damit sie sicher an Fahrzeugen arbeiten können. Es soll erreicht werden, dass die Mitarbeitenden die HV-Komponenten sicher bedienen können, den Aufbau und die Wirkungsweise verstehen und mit den Kennzeichnungen der Komponenten vertraut sind. Inhalt der Unterweisung ist insbesondere, dass elektrotechnische Arbeiten an den HV-Komponenten unzulässig sind. Ein Nichtbeachten dieser Vorgaben kann zu gefährlicher Körperdurchströmung oder Lichtbogenbildung führen. • Einleitung • Fahrzeuge mit HV-System – Was bedeutet „Hochvolt“ – Antriebskonzepte (Parallel/Seriell, Batterieelektrisch, Brennstoffzellen) – Hybrid- und Elektrobusse (Aufbau und Funktionsweise) • HV-Komponenten – Traktionsbatterie – Traktionswechselrichter – Traktionsantrieb – HV-Leitungen • HV-Nebenaggregate – Klimaanlage – Heizung – Lenkung – Ladetechnik

- Elektrische Gefährdungen
- Schutz vor elektrischer Gefährdung
- Organisation der Arbeitssicherheit
- Tätigkeitsbereiche für Arbeiten an HV-Systemen
- Nichtelektrotechnische Tätigkeiten
 - Voraussetzungen für nicht elektrotechnische Tätigkeiten
 - Bedienen von Fahrzeugen und der zugehörigen Einrichtungen
 - Gefährdungen und Verhalten bei Unfällen, Beschädigungen und beim Abschleppen
 - Durchführung allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
 - Durchführung mechanischer Tätigkeiten (aber Hände weg von orange)
 - Durchführung von Tätigkeiten, die eine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
 - Unzulässige Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-Systemen
 - Freischalten des HV-Systems als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme
- Arbeiten unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft
- Vorgehensweise bei Elektrounfällen
- DGUV Information 209-093 „Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen“ und VBG-Fachwissen „Elektromobilität – Arbeiten an Omnibussen mit Wasserstoff- oder Hochvoltssystemen“

8.8 Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-A

Qualifizierungsinhalte der Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-A für Personen ohne elektrotechnische Vorbildung mit technischer Ausbildung zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ

Qualifizierungsziel:	Befähigung für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten.
Zielgruppe:	Elektrotechnische Laien mit technischer Ausbildung, zum Beispiel als Facharbeiter/-in, Techniker/-in, Meister/-in oder Ingenieur/-in
Eingangsvoraussetzungen:	Facharbeiter-, Techniker-, Meister- oder Ingenieurausbildung in einem technischen, aber nichtelektrotechnischen Fachgebiet.
Umfang:	100 UE (1 UE = 45 Minuten), 10 Tage (davon mindestens 16 UE Praxis an den eingesetzten HV-Systemen).
Veranstaltungsart:	Seminar, Übungen und Praktika an den eingesetzten Fahrzeugen, Prüfung in Theorie und Praxis.
Abschlussqualifikation:	Erlangung der Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen als Voraussetzung für die Ernennung zur HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten. Die Ernennung zur Elektrofachkraft muss durch den Unternehmer oder die Unternehmerin beziehungsweise in Vertretung durch die vEfk erfolgen.
Inhalt:	• Elektrotechnische Grundkenntnisse • Elektrische Gefährdung und Erste Hilfe • Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen • Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten • Fach- und Führungsverantwortung, Mitarbeiterqualifikation im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik • Einsatz von HV-Systemen in Bussen • Unterschiede zwischen den HV-Systemen in Pkw und Bussen: – Unterschiede der HV-Busse untereinander (kleinere Stückzahlen pro „Serie“) – Trenn- und Verbindungsstellen – Not-Aus-Systeme (zum Beispiel Schützkleber Ursachen, Diagnose und Vermeidung) – Ladetechnik (zum Beispiel Stromabnehmer, Bedienung, Schutzmaßnahmen und Fehlfunktionen) – Mehrere Antriebe und Batterien (zum Beispiel Vorgehen und Messpunkte für das Freischalten und die Feststellung der Spannungsfreiheit) – Vorgehen bei Unfällen, Beschädigungen und beim Abschleppen/ Pannenmanagement – Sicherheitskonzept/Notfallmanagement (Havarie-Platz statt Löschcontainer) – Neue mechanische Mängel auf Grund elektrischer Antriebsstränge (zum Beispiel größere Momente, höhere Reifenbelastung) – Höhere Leistung und höherer Energieinhalt der Batterie (Lichtbogenschutz) – Gefährdung durch Absturz

8.9 Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-B

Qualifizierungsinhalte der Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-B für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ

Qualifizierungsziel:	Befähigung für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten.
Zielgruppe:	Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich, zum Beispiel Kfz-Elektriker/-in, Kfz-Mechatroniker/-in, Kfz-Mechaniker/-in.
Eingangsvoraussetzungen:	Kfz-Elektriker/-in, Kfz-Mechatroniker/-in, Kfz-Mechaniker/-in oder nach erfolgreich bestandener Eingangsprüfung „Elektrotechnische Grundkenntnisse für Ingenieure und Naturwissenschaftler“.
Umfang:	48 UE (1 UE = 45 Minuten), 5 Tage (davon mindestens 16 UE Praxis an den eingesetzten HV-Systemen)
Veranstaltungsart:	Seminar, Übungen und Praktika an den eingesetzten Fahrzeugen, Prüfung in Theorie und Praxis.
Abschlussqualifikation:	Erlangung der Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen als Voraussetzung für die Ernennung zur HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten. Die Ernennung zur Elektrofachkraft muss durch den Unternehmer oder die Unternehmerin beziehungsweise in Vertretung durch die vEfk erfolgen.
Inhalt:	• Kurzfassung elektrotechnische Grundkenntnisse • Elektrische Gefährdung und Erste Hilfe • Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen • Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten • Fach- und Führungsverantwortung, Mitarbeiterqualifikation im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik • Einsatz von HV-Systemen in Bussen • Unterschiede zwischen HV-Systemen in Pkw und Bussen: – Unterschiede der HV-Busse untereinander (kleinere Stückzahlen pro „Serie“) – Trenn- und Verbindungsstellen – Not-Aus-Systeme (zum Beispiel Schützkleber Ursachen, Diagnose und Vermeidung) – Ladetechnik (zum Beispiel Stromabnehmer, Bedienung, Schutzmaßnahmen und Fehlfunktionen) – Mehrere Antriebe und Batterien (zum Beispiel Vorgehen und Messpunkte für das Freischalten und die Feststellung der Spannungsfreiheit) – Vorgehen bei Unfällen, Beschädigungen und beim Abschleppen/ Pannenmanagement – Sicherheitskonzept/Notfallmanagement (Havarie-Platz statt Löschcontainer) – Neue mechanische Mängel auf Grund elektrischer Antriebsstränge (zum Beispiel größere Momente, höhere Reifenbelastung) – Höhere Leistung und höherer Energieinhalt der Batterie (Lichtbogenschutz) – Gefährdung durch Absturz

8.10 Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-B-Aufbau

Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-B-Aufbau für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich und der Fachkunde für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit HV-Systemen in Servicewerkstätten nach Stufe 2S der DGUV Information 209-093

Qualifizierungsziel:	Befähigung für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten.
Zielgruppe:	Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich und der Fachkunde für Arbeiten an HV-eigensicheren Systemen in Servicewerkstätten.
Eingangsvoraussetzungen:	Kfz-Elektriker/-in, Kfz-Mechatroniker/-in, Kfz-Mechaniker/-in mit erfolgreich abgeschlossener Fachkunde für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit HV-Systemen in Servicewerkstätten nach Stufe 2S der DGUV Information 209-093.
Umfang:	30 UE (1 UE = 45 Minuten), 3 Tage (davon mindestens 16 UE Praxis an den eingesetzten HV-Systemen)
Veranstaltungsart:	Seminar, Übungen und Praktika an den eingesetzten Fahrzeugen, Prüfung in Theorie und Praxis.
Abschlussqualifikation:	Erlangung der Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen als Voraussetzung für die Ernennung zur HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen. Die Ernennung zur Elektrofachkraft muss durch den Unternehmer oder die Unternehmerin beziehungsweise in Vertretung durch die vEfk erfolgen.
Inhalt:	Vermittlung der Inhalte aus Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-B in verkürzter Form und unter Berücksichtigung der Vorkenntnisse der Teilnehmenden mit der Qualifikation „Arbeiten an HV-Systemen von Serienfahrzeugen in Servicewerkstätten nach Stufe 2S“ der DGUV Information 209-093.

8.11 Qualifizierungsinhalte HV-Bus 2-C

Qualifizierungsinhalte der Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 2-C für Elektrofachkräfte im Niederspannungsbereich zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ

Qualifizierungsziel:	Befähigung für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten.
Zielgruppe:	Elektrofachkräfte im Niederspannungsbereich, zum Beispiel Industrie-elektroniker/-in, Elektromonteur/-in, Elektroingenieur/-in.
Eingangsvoraussetzungen:	Elektrofachkraft im Niederspannungsbereich.
Umfang:	24 UE (1 UE = 45 Minuten), 3 Tage (davon mindestens 16 UE Praxis an den eingesetzten HV-Systemen)
Veranstaltungsart:	Seminar, Übungen und Praktika an den eingesetzten Fahrzeugen, Prüfung in Theorie und Praxis.
Abschlussqualifikation:	Erlangung der Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen als Voraussetzung für die Ernennung zur HV-Bus-Efk-AisZ: Elektrofachkraft für elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Bussen und deren Komponenten. Die Ernennung zur Elektrofachkraft muss durch den Unternehmer oder die Unternehmerin beziehungsweise in Vertretung durch die vEfk erfolgen.
Inhalt:	• Fach- und Führungsverantwortung, Beschäftigtenqualifikation im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik • Einsatz von HV-Systemen in Bussen • Unterschiede zwischen den HV-Systemen in Pkw und Bussen: – Unterschiede der HV-Busse untereinander (kleinere Stückzahlen pro „Serie“) – Trenn- und Verbindungsstellen – Not-Aus-Systeme (zum Beispiel Schützkleber Ursachen, Diagnose und Vermeidung) – Ladetechnik (zum Beispiel Stromabnehmer, Bedienung, Schutzmaßnahmen und Fehlfunktionen) – Mehrere Antriebe und Batterien (zum Beispiel Vorgehen und Messpunkte für das Freischalten und die Feststellung der Spannungsfreiheit) – Vorgehen bei Unfällen, Beschädigungen und beim Abschleppen/Pannenmanagement – Sicherheitskonzept/Notfallmanagement (Havarie-Platz statt Löschcontainer) – Neue mechanische Mängel auf Grund elektrischer Antriebsstränge (zum Beispiel größere Momente, höhere Reifenbelastung) – Höhere Leistung und höherer Energieinhalt der Batterie (Lichtbogen-schutz) – Gefährdung durch Absturz

8.12 Qualifizierungsinhalte HV-Bus 3

Qualifizierungsinhalte der Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 3 für Personen mit der Qualifizierung HV-Bus-Efk-AisZ zur Erlangung der Qualifikation HV-Bus-Efk-AuS

Qualifizierungsziel:	Befähigung zu Arbeiten unter Spannung an HV-Bussen und deren Komponenten.
Zielgruppe:	Personen mit der Qualifizierung HV-Bus-Efk-AisZ
Eingangsvoraussetzungen:	Qualifikation HV-Bus-Efk-AisZ und mindestens 1 Jahr Berufserfahrung in Kfz- oder Elektrotechnik zum Beispiel Elektrofachkraft im Niederspannungsbereich, Kfz-Elektriker/-in, Kfz-Mechatroniker/-in oder Kfz-Mechaniker/-in + Erste-Hilfe Ausbildung
Umfang:	24 UE (1 UE = 45 Minuten), 3 Tage (davon mindestens 16 UE Praxis an den eingesetzten HV-Systemen).
Veranstaltungsart:	Seminar, Übungen und Praktika an den eingesetzten Fahrzeugen, Prüfung in Theorie und Praxis.
Abschlussqualifikation:	Erlangung der Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen als Voraussetzung für die Ernennung zur HV-Bus-Efk-AuS: Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an HV-Bussen und deren Komponenten. Die Ernennung zur Elektrofachkraft „HV-Bus-Efk-AuS“ muss schriftlich durch den Unternehmer oder die Unternehmerin beziehungsweise in Vertretung durch die vEfk erfolgen.
Inhalt:	• Arbeiten unter Spannung an HV-Systemen • EMF-Auswirkungen auf Implantate • Schutz vor Thermischen Gefahren von Störlichtbögen • Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien



Abbildung 34: Geräteprüfung im Betrieb

8.13 Checkliste für die Außerbetriebnahme des HV-Systems

Checkliste für die Außerbetriebnahme des HV-Systems		
Elektrofachkraft (HV-Bus-Efk) (in der Regel auch Arbeitsverantwortliche/-r)		
Abteilung		
Amtliches Kennzeichen		
Datum		
Uhrzeit		
Persönliche Schutzausrüstung		
Isolierende Schutzhandschuhe, Schutzbrille		
Checkliste	Ja	Nein
Fahrzeug von Ladestation getrennt und gegen Anschließen gesichert.	☐	☐
Zündschlüssel abgezogen.	☐	☐
Niedervolt-Batterie (12V/24V) abgeklemmt.	☐	☐
HV-Schalter (HV-Disconnect) ausgeschaltet.	☐	☐
Gegen Wiedereinschalten gesichert (zum Beispiel Schloss einhängen).	☐	☐
Entladevorrichtung an Kondensatoren (Supercaps) angeschlossen und eingeschaltet.	☐	☐
Entladevorrichtung gegen Ausschalten gesichert (zum Beispiel Schloss einhängen).	☐	☐
Schaltverbotszeichen mit Namen der verantwortlichen Person angebracht.	☐	☐
Spannungsfreiheit mit zweipoligem Spannungsprüfer DC-seitig und AC-seitig allpolig festgestellt.	☐	☐
Spannungsprüfer an geeigneter Spannungsquelle geprüft.	☐	☐
Fahrzeug als freigeschaltet gekennzeichnet und für Arbeiten freigegeben.	☐	☐
Elektrofachkraft (HV-Bus-Efk)		
Vorname Nachname		
Unterschrift		

8.14 Checkliste für die Inbetriebnahme des HV-Systems

Checkliste für die Inbetriebnahme des HV-Systems				
Inbetriebnahme darf nur durch eine Elektrofachkraft für HV-Systeme (HV-Bus-Efk) erfolgen				
Fahrzeugdaten				
Amtliches Kennzeichen:		Kilometerstand:		
Datum:		Uhrzeit:		
Messgeräte				
Isolationsmessgerät:		Typ:		
Milliohmmeter für Potenzialausgleichsmessung		Typ:		
Dokumente		Ja	Nein	
Prüfprotokoll der neu verbauten Komponente vorhanden?		☐	☐	
Persönliche Schutzausrüstung				
Isolierende Schutzhandschuhe				
Checkliste		Ja	Nein	
Fahrzeug ist von Ladestation getrennt und gegen Anschließen gesichert?		☐	☐	
Fahrzeug ist freigeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert?		☐	☐	
Spannungsfreiheit mit zweipoligem Spannungsprüfer allpolig festgestellt?		☐	☐	
Prüfung des Potenzialausgleichs der Komponenten, an denen gearbeitet wurde				
	Sichtprüfung		Potenzialausgleichsmessung (mit $I \geq 0,2A$)	
	i. O.	n. i. O.	Soll	Ist
Ladegerät	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
Ladestecker	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
Traktionsbatterie	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
Traktionsmaschine	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
Traktionswechselrichter	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
HV-Klimakompressor	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
HV-Heizung	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
HV-Leitungssatz	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
DC/DC-Wandler	☐	☐	< 100 m Ω	m Ω
Prüfung des Isolationswiderstands				
			Soll	Ist
R _{ISO} zwischen HV+ und Fahrzeug-Masse, Prüfspannung: *)			*)	
R _{ISO} zwischen HV- und Fahrzeug-Masse, Prüfspannung: *)			*)	
R _{ISO} zwischen DC-Ladestecker + und Fahrzeug-Masse // Prüfspannung: *)			> 1 M Ω	
R _{ISO} zwischen DC-Ladestecker - und Fahrzeug-Masse // Prüfspannung: *)				
Überprüfung Warnmeldungen		i. O.	n. i. O.	
Es wird kein Isolationsfehler angezeigt		☐	☐	
HV-Interlock/Pilotlinie in Ordnung?		☐	☐	
Aktive Entladung U < 60 V in t < 5s?		☐	☐	
Inbetriebnahme		i. O.	n. i. O.	
Freischaltkennzeichnung entfernt?		☐	☐	
Entladevorrichtung von Kondensatoren (Supercaps) getrennt?		☐	☐	
HV-Trennstecker (HV-Disconnect) eingesteckt?		☐	☐	
Niedervoltbatterie (12V/24V) angeklemmt?		☐	☐	
Funktionsprüfung Gesamtfahrzeug durchgeführt?		☐	☐	
Fahrzeug in Betrieb genommen und freigegeben?		☐	☐	
Elektrofachkraft (HV-Bus-Efk)				
Vorname Nachname				

8.15 Checkliste zur Erteilung der Berechtigung für Arbeiten unter Spannung

Checkliste zur Erteilung der Berechtigung für Arbeiten unter Spannung		
Verantwortliche Elektrofachkraft HV-Bus-vEfK		
Berechtigte HV-Bus-Efk-AuS		
Abteilung		
Arbeitsbereich		
Datum		
Uhrzeit		
Beschreibung der zulässigen Tätigkeiten unter Spannung		
Herr/Frau erhält die Berechtigung, folgende Arbeiten unter Spannung nach den vorgegebenen Arbeitsverfahren und unter Verwendung der festgelegten persönlichen Schutzausrüstung eigenständig und eigenverantwortlich in dem oben angegebenen Arbeitsbereich durchzuführen: • Fehlersuche und Prüfarbeiten unter Spannung an HV-Fahrzeugen und HV-Komponenten		
Checkliste	Ja	Nein
Ausführende/-r hat die Qualifikation zur Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-Systemen (HV-Bus-Efk-AuS) erfolgreich abgelegt?	☐	☐
Ausführende/-r ist älter als 18 Jahre?	☐	☐
Ausführende/-r besitzt eine Erste-Hilfe-Ausbildung?	☐	☐
Ausführende/-r ist gesundheitlich geeignet?	☐	☐
Betriebsanweisung für Fehlersuche und Prüfarbeiten ist vor Ort vorhanden?	☐	☐
Vorgegebene PSA für Arbeiten unter Spannung (AuS) ist vorhanden?	☐	☐
Geeignetes Werkzeug für Arbeiten unter Spannung (AuS) ist vorhanden?	☐	☐
Geeignete Messgeräte für Arbeiten unter Spannung (AuS) sind vorhanden?	☐	☐
Defibrillator ist in der Nähe der Arbeitsstelle vorhanden?	☐	☐
Befähigung erteilt (nur wenn alle Punkte mit ja beantwortet wurden)	☐	☐
Unternehmer/-in oder verantwortliche Elektrofachkraft (HV-Bus-vEfK)	Elektrofachkraft für AuS (HV-Bus-Efk-AuS)	
Vorname Nachname	Vorname Nachname	
Unterschrift	Unterschrift	

8.16 Checkliste Arbeiten unter Spannung

Vorbereitung

Checkliste zur Vorbereitung von Arbeiten unter Spannung			
Arbeiten unter Spannung dürfen nur von Elektrofachkräften für AuS (HV-Bus-Efk-AuS) durchgeführt werden!			
VIN/ Bat.ID:		Kilometerstand:	
Datum:		Auftragsnummer:	
Vorbereitungen		Ja	Nein
Auftragsdaten sind bekannt und oben eingetragen?		☐	☐
Arbeitsanweisung liegt vor?		☐	☐
Alle notwendigen Materialien, Messgeräte und Werkzeuge vorhanden?		☐	☐
Arbeitsbereich gekennzeichnet und abgesperrt?		☐	☐
HV-System gekennzeichnet?		☐	☐
Ist eine zweite Person mit Erste-Hilfe-Ausbildung (EuP oder Efk) als Sichernder vor Ort?		☐	☐
Rettungs- und Fluchtwege vorhanden und frei?		☐	☐
Erste-Hilfe-Material und Telefon vorhanden?		☐	☐
Brandbekämpfungsmittel/Feuerlöscher vorhanden?		☐	☐
Ansprechpartner/-in und verantwortliche Personen sind bekannt?		☐	☐
Persönliche Schutzausrüstung, Werkzeuge, Messgeräte		Ja	Nein
Isolierende Schutzhandschuhe Sichtprüfung?		☐	☐
Isolierende Schutzhandschuhe Dichtigkeit überprüft?		☐	☐
Helm mit Schutzvisier vorhanden?		☐	☐
Isoliertes Werkzeug vorhanden?		☐	☐
Zweipoliger Spannungsprüfer zum Feststellen der Spannungsfreiheit vorhanden?		☐	☐
Isolationsmessgerät für Isolationswiderstandsmessung vorhanden?		☐	☐
Milliohmometer für Potenzialausgleichsmessung vorhanden?		☐	☐
Isolierende Abdeckmatten vorhanden?		☐	☐
Vorname Nachname (Elektrofachkraft für AuS (HV-Bus-Efk-AuS))		Unterschrift	

8.17 Checkliste für die Klassifizierung von HV-Batterien

Checkliste für die Klassifizierung von HV-Batterien				
Datum:			Name, Vorname Mitarbeiter/-in:	
Batterie Seriennr.:				
Zustand Batterie	Ja	Nein	Vertiefende Untersuchung/Schutzmaßnahme	Anmerkung
Prüfprotokolle/ Unterlagen vom Batteriehersteller fehlen?	☐	☐	- Können die BMS Daten ausgelesen werden? - Ist der Ladezustand der Batterie bekannt? - Liegt ein Übergabe-Dokument vor?	
Korrosion	☐	☐	- Korrosionsschaden näher untersuchen - Wodurch ist die Korrosion entstanden? - Wird die Funktion der Batterie oder die Sicherheit beeinträchtigt? - Feuchtigkeit im Batteriegehäuse vorhanden?	
Risse	☐	☐	- Näher untersuchen, wie stark sind die Risse? - An welcher Stelle sind Risse (mögliche Ursache, Reparatur möglich)? - Kann in der Batterie eine Beschädigung vorliegen? - Wird die Sicherheit (zum Beispiel Berührungsschutz) beeinträchtigt?	
Defekte, abgeris- sene oder abgebro- chene Teile	☐	☐	- Welche Teile sind betroffen? - Mögliche Ursache, Reparatur möglich? - Wird die Funktion der Batterie oder die Sicherheit beeinträchtigt?	
Kratzer	☐	☐	- Näher untersuchen, wie stark sind die Kratzer? - Wird die Funktion der Batterie oder die Sicherheit beeinträchtigt? - Kann in der Batterie eine Beschädigung vorliegen?	
Verformung, Dellen/Beulen	☐	☐	- Näher untersuchen, wie stark sind die Dellen/Beulen? - Wodurch sind die Beulen entstanden? - Wird die Funktion der Batterie oder die Sicherheit beeinträchtigt? - Kann in der Batterie eine Beschädigung vorliegen?	
Lose Teile (Stecker, Schrauben, Deckel, etc.)	☐	☐	- Näher untersuchen, welche Teile sind lose? - Mögliche Ursachen, Reparatur möglich? - Kann Feuchtigkeit in die Batterie gelangt sein? (zum Beispiel Deckel lose, Schrauben fehlen oder Ähnliches)	
Feuchtigkeit am Batteriegehäuse	☐	☐	- Untersuchen ob die Batterie starken Temperaturschwankungen oder Nässe ausgesetzt war? - Feuchtigkeit im Inneren der Batterie?	

Checkliste für die Klassifizierung von HV-Batterien			
Erhöhte Temperatur > 45 °C Temperaturanstieg oder lokale Temperaturdifferenz (Thermographie)	☐	☐	- Temperatur mittels Messgerät mindestens 5–15 Minuten überwachen, Thermographie-Bilder von allen vier Seiten machen - Steigt die Temperatur an?
Austretende Flüssigkeiten oder Gase	☐	☐	
Sonderbarer Geruch wahrnehmbar? (Elektrolyt, Kunststoffverschmörung)	☐	☐	
Ist eine Temperaturerhöhung im Ruhezustand wahrnehmbar?	☐	☐	
Verfärbungen am Gehäuse, Verformung Deckel	☐	☐	
Geschmolzene oder verformte Kunststoffteile, Leitungen oder Stecker erkennbar?	☐	☐	
Beschädigte Anbauteile (Stecker, Buchsen oder Ähnliches)?	☐	☐	
			
Batterie-Klassifizierung (grün, gelb, oder rot)	☐	Sind alle Antworten „Nein“, ist die Batterie i. O.	
	☐	Ist ein gelbes Kriterium erfüllt, ist die Batterie n. i. O. und der Defekt muss näher untersucht werden (nähere Untersuchung siehe Spalte hinter dem jeweiligen Kriterium). Die weitere Untersuchung muss ergeben, ob die Batterie gelb (n. i. O.) oder rot (kritisch/n. i. O.) ist.	
	☐	Ist ein rotes Kriterium erfüllt oder wenn die nähere Untersuchung nach Erfüllung eines gelben Kriteriums zu einer Klassifizierung als „rot“ (kritisch/n. i. O.) führt, muss umgehend die Batterie-Evakuierung aus dem Arbeitsbereich in den Sicherheitscontainer/-bereich erfolgen! Anschließend Vorgesetzte und die verantwortliche Elektrofachkraft informieren.	
Anmerkungen:			
Unterschrift Mitarbeiter/-in			

8.18 Muster-Bestellurkunde zur Beauftragung einer verantwortlichen Elektrofachkraft

Bestellung zur verantwortlichen Elektrofachkraft (vEfK)

Grundlagen der Bestellung:

- DIN VDE 1000-10
- DIN VDE 0105-100
- DGUV Regel 103-011
- DGUV Information 209-093
- DGUV Vorschrift 3
- §§ 3, 13 ArbSchG
- BetrSichV
- §§ 15, 209 SGB VII
- § 9 OWiG
- §§ 2, 13 DGUV Vorschrift 1

Herrn/Frau

werden in seiner/ihrer Funktion als verantwortliche Elektrofachkraft (vEfK) die der Unternehmensleitung hinsichtlich der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes obliegenden Pflichten für elektrotechnische Arbeiten übertragen, in eigener Verantwortung die Aufgaben der vEfK für folgende Betriebsteile/Betriebsbereiche

der Firma

wahrzunehmen.

Dies beinhaltet folgende Verantwortlichkeiten:

- Treffen von Anordnungen und Maßnahmen, um das Arbeiten an HV-Komponenten und -Fahrzeugen entsprechend der einschlägigen elektrotechnischen Vorschriften und Normen insbesondere der DGUV Information 209-093, DGUV Vorschrift 3 und der DIN VDE 0105-100 sicherzustellen.
- Erstellen von Gefährdungsbeurteilungen und Veranlassen der daraus resultierenden Maßnahmen.
- Kontrollieren von Arbeitsabläufen durch Stichproben oder Erfolgskontrollen

Zu den übertragenen Pflichten für die oben angegebenen Betriebsteile/Betriebsbereiche gehören:

- Auswahl der Elektrofachkräfte für die anstehenden Arbeiten insbesondere für das Arbeiten unter Spannung nach DGUV Regel 103-011 und DIN VDE 0105-100.
- Organisation und Durchführung notwendiger Unterweisungen.
- Festlegen der zu verwendenden PSA, Werkzeuge und Hilfsmittel.

Bei der Erfüllung ihrer Aufgaben ist die verantwortliche Elektrofachkraft hinsichtlich der fachlichen Aufgaben weisungsfrei!

Der Unternehmer stellt die Mittel, die für die Ausübung der oben genannten Verantwortlichkeit benötigt werden, zur Verfügung.

Die jeweils fachlich erforderliche Weiterbildung wird ermöglicht.

Ort/Datum

Unterschrift Unternehmensleitung

Unterschrift des/der Verpflichteten

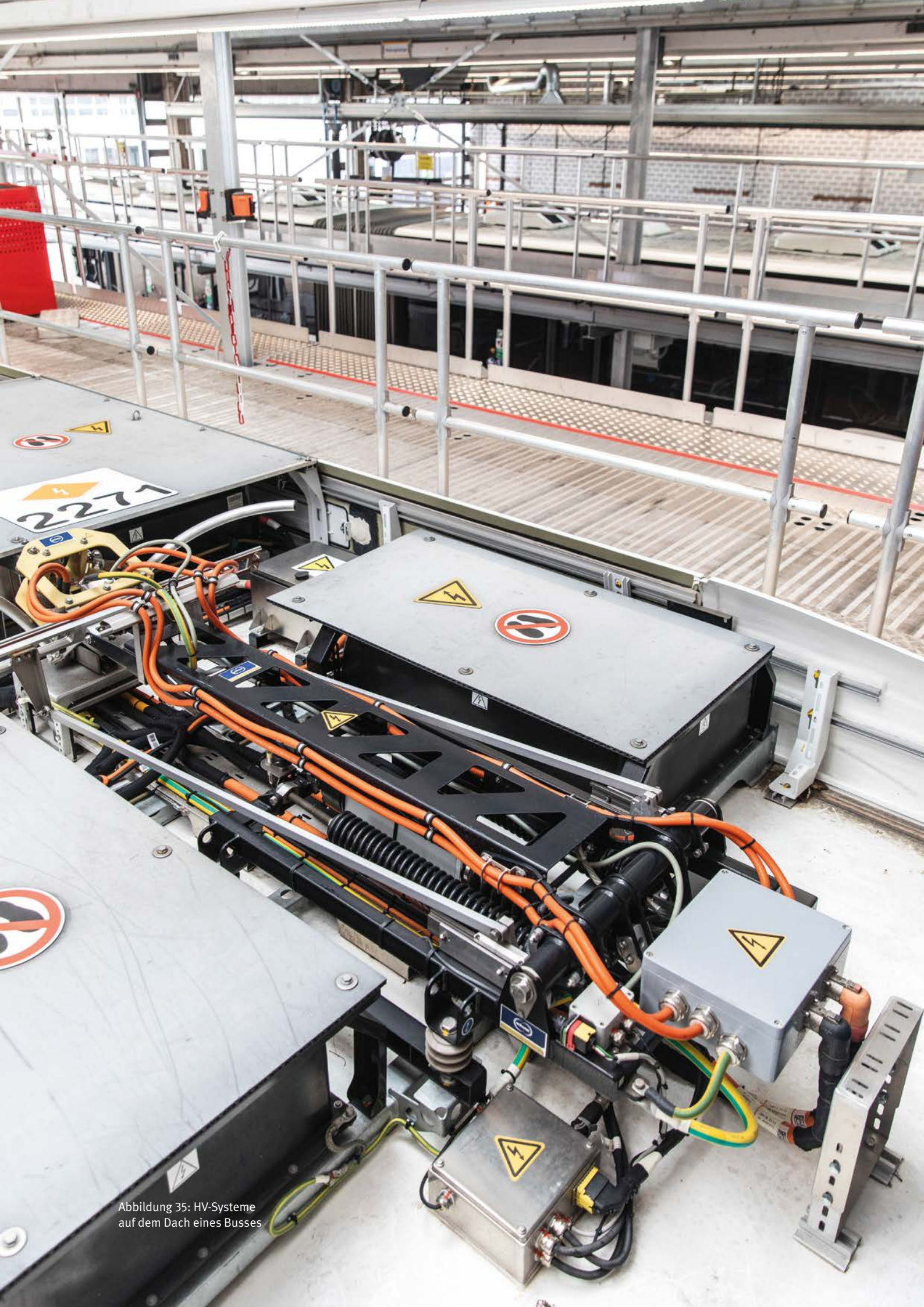


Abbildung 35: HV-Systeme
auf dem Dach eines Busses

8.19 Downloads auf www.vbg.de

Die Erläuterungen und die in diesem Leitfaden beschriebenen VBG-Handlungshilfen finden Sie auf der Webseite www.vbg.de/Elektromobilitaet.



Dort stehen in der Rubrik „Leitfaden und Praxishilfen“ folgende Dokumente zum Download bereit:

VBG-Fachwissen

„Elektromobilität – Arbeiten an Omnibussen mit Hochvoltssystemen“

Filter: Praxishilfen „Fachinformation“

Arbeitshilfen zur Qualifizierung Beschäftigter

Filter: Praxishilfen „Organisationshilfe“

- Flussdiagramme
 - Flussdiagramm zur Ermittlung der notwendigen Qualifikationen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
 - Flussdiagramm zur Ermittlung der Qualifizierungsmaßnahme für Arbeiten im spannungsfreien Zustand (HV-Bus-Efk-AisZ)
 - Flussdiagramm zur Ermittlung der Qualifizierungsmaßnahme für Fehlersuche und Prüfarbeiten unter Spannung (HV-Bus-Efk-AuS)
- Qualifikationsmatrix Arbeiten an Hochvoltssystemen
- Qualifikationsmatrix Arbeiten an Wasserstoffsystemen
- Qualifikationsinhalte HV-Bus 1 bis HV-Bus 4
- Schulungsinhalte der Lehreinheiten
- Inhalte der Eingangsprüfung „Elektrotechnische Grundkenntnisse“
- Muster-Bestellurkunde zur Beauftragung einer verantwortlichen Elektrofachkraft (HV-Bus-vEfk)

Muster-Unterweisungen

(an die betrieblichen Gegebenheiten anzupassen)

Filter: Praxishilfen „Unterweisung“

- Foliensatz Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 0a: Sensibilisierung Reinigungspersonal
- Foliensatz Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 0b: Sensibilisierung Fahrpersonal
- Foliensatz Qualifizierungsmaßnahme HV-Bus 1: Unterweisung zur EuP

Muster-Checklisten

Filter: Praxishilfen „Checklisten“

- Checkliste zur Erteilung der Berechtigung für Fehlersuche und Prüfarbeiten unter Spannung
- Checkliste für Arbeiten unter Spannung
- Checkliste zur Außerbetriebnahme eines HV-Systems
- Checkliste zur Inbetriebnahme eines HV-Systems
- Checkliste für die Klassifizierung von HV-Batterien

Muster-Gefährdungsbeurteilungen

(an die betrieblichen Gegebenheiten anzupassen)

Filter: Praxishilfen „Gefährdungsbeurteilung“

- Organisation des Werkstattbetriebs
- Arbeiten auf dem Dacharbeitsstand (mobil+stationär)
- Arbeiten am HV-Energiespeicher auf dem Dach
- Arbeiten an HV-Leistungselektronik und HV-Leitungssatz
- Arbeiten am HV-Traktionsantrieb
- Arbeiten an der HV-Heizung
- Arbeiten an der HV-Klimaanlage
- Arbeiten mit der mobilen HV-Ladestation

Muster-Betriebsanweisungen

(an die betrieblichen Gegebenheiten anzupassen)

Filter: Praxishilfen „Betriebsanweisung“

- Arbeiten dem Dacharbeitsstand
- Arbeiten an HV-Bussen und HV-Komponenten
- Arbeiten an HV-Bussen, die das HV-System nicht betreffen
- Arbeiten im spannungsfreien Zustand an Bussen mit HV-Systemen
- Fehlersuche und Prüfarbeiten unter Spannung an Bussen mit HV-System
- Freischalten von HV-Systemen
- Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien

Herausgeber:



VBG

Ihre gesetzliche
Unfallversicherung

www.vbg.de

Massaquoiassage 1
22305 Hamburg
Postanschrift: 22281 Hamburg

Artikelnummer: 48-05-5496-5

Realisation:
Jedermann-Verlag GmbH
www.jedermann.de

Fotos:
Franz Bischof (Titelseite, S. 3, 6, 12, 13, 14, 16, 18, 21,
22, 36, 42, 47, 53, 61, 77)
Gülray Keskin (S. 8, 15, 17, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 32,
40, 69)
VBG (S. 20, 26, 27, 33)

Version 2.0
Stand Juni 2024

Der Bezug dieser Informationsschrift ist für Mitglieds-
unternehmen der VBG im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Wir sind für Sie da!

www.vbg.de

Kundendialog der VBG: 040 5146-2940

Notfall-Kontakt für Beschäftigte im Auslandseinsatz:

www.vbg.de/Notfall-im-Ausland

Sichere Nachrichtenverbindung:

www.vbg.de/kontakt



**Für Sie vor Ort –
die VBG-Bezirksverwaltungen:**

Bergisch Gladbach

Kölner Straße 20
51429 Bergisch Gladbach
Tel.: 02204 407-0 · Fax: 02204 1639
E-Mail: BV.BergischGladbach@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 02204 407-165

Berlin

Markgrafenstraße 18 · 10969 Berlin
Tel.: 030 77003-0 · Fax: 030 7741319
E-Mail: BV.Berlin@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 030 77003-128

Bielefeld

Nikolaus-Dürkopp-Straße 8
33602 Bielefeld
Tel.: 0521 5801-0 · Fax: 0521 61284
E-Mail: BV.Bielefeld@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 0521 5801-165

Dresden

Wiener Platz 6 · 01069 Dresden
Tel.: 0351 8145-0 · Fax: 0351 8145-109
E-Mail: BV.Dresden@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 0351 8145-167

Duisburg

Düsseldorfer Landstr. 401 · 47259 Duisburg
Tel.: 0203 3487-0 · Fax: 0203 3487-210
E-Mail: BV.Duisburg@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 0203 3487-106

Erfurt

Koenbergstraße 1 · 99084 Erfurt
Tel.: 0361 2236-0 · Fax: 0361 2253466
E-Mail: BV.Erfurt@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 0361 2236-439

Hamburg

Sachsenstraße 18 · 20097 Hamburg
Tel.: 040 23656-0 · Fax: 040 2369439
E-Mail: BV.Hamburg@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 040 23656-165

Ludwigsburg

Martin-Luther-Straße 79
71636 Ludwigsburg
Tel.: 07141 919-0 · Fax: 07141 902319
E-Mail: BV.Ludwigsburg@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 07141 919-354

Mainz

Isaac-Fulda-Allee 22 · 55124 Mainz
Tel.: 06131 389-0 · Fax: 06131 389-116
E-Mail: BV.Mainz@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 06131 389-180

München

Barthstraße 20 · 80339 München
Tel.: 089 50095-0 · Fax: 089 50095-111
E-Mail: BV.Muenchen@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 089 50095-165

Würzburg

Riemenschneiderstraße 2
97072 Würzburg
Tel.: 0931 7943-0 · Fax: 0931 7943-800
E-Mail: BV.Wuerzburg@vbg.de
Seminarbuchung unter
Tel.: 0931 7943-412



**VBG-Akademien für Arbeitssicherheit
und Gesundheitsschutz:**

Akademie Dresden

Königsbrücker Landstraße 4C
01109 Dresden
Tel.: 0351 88923-0 · Fax: 0351 88923-34
E-Mail: Akademie.Dresden@vbg.de
Hotel-Tel.: 030 13001-29500

Akademie Gevelinghausen

Schlossstraße 1 · 59939 Olsberg
Tel.: 02904 9716-0 · Fax: 02904 9716-30
E-Mail: Akademie.Olsberg@vbg.de
Hotel-Tel.: 02904 803-0

Akademie Ludwigsburg

Martin-Luther-Straße 79
71636 Ludwigsburg
Tel.: 07141 919-181 · Fax: 07141 919-182
E-Mail: Akademie.Ludwigsburg@vbg.de

Akademie Mainz

Isaac-Fulda-Allee 20 · 55124 Mainz
Tel.: 06131 389-380 · Fax: 06131 389-389
E-Mail: Akademie.Mainz@vbg.de

Akademie Storkau

Im Park 1 · 39590 Tangermünde
Tel.: 039321 531-0 · Fax: 039321 531-23
E-Mail: Akademie.Storkau@vbg.de
Hotel-Tel.: 039321 521-0

Akademie Untermerzbach

ca. 32 km nördlich von Bamberg
Schlossweg 2 · 96190 Untermerzbach
Tel.: 09533 7194-0 · Fax: 09533 7194-499
E-Mail: Akademie.Untermerzbach@vbg.de
Hotel-Tel.: 09533 7194-100

Seminarbuchungen:

online: www.vbg.de/seminare

telefonisch in Ihrer VBG-Bezirksverwaltung

Bei Beitragsfragen:

Telefon: 040 5146-2940

www.vbg.de/kontakt

VBG – Ihre gesetzliche Unfallversicherung

Massaquoiassage 1 · 22305 Hamburg

Tel.: 040 5146-0 · Fax: 040 5146-2146