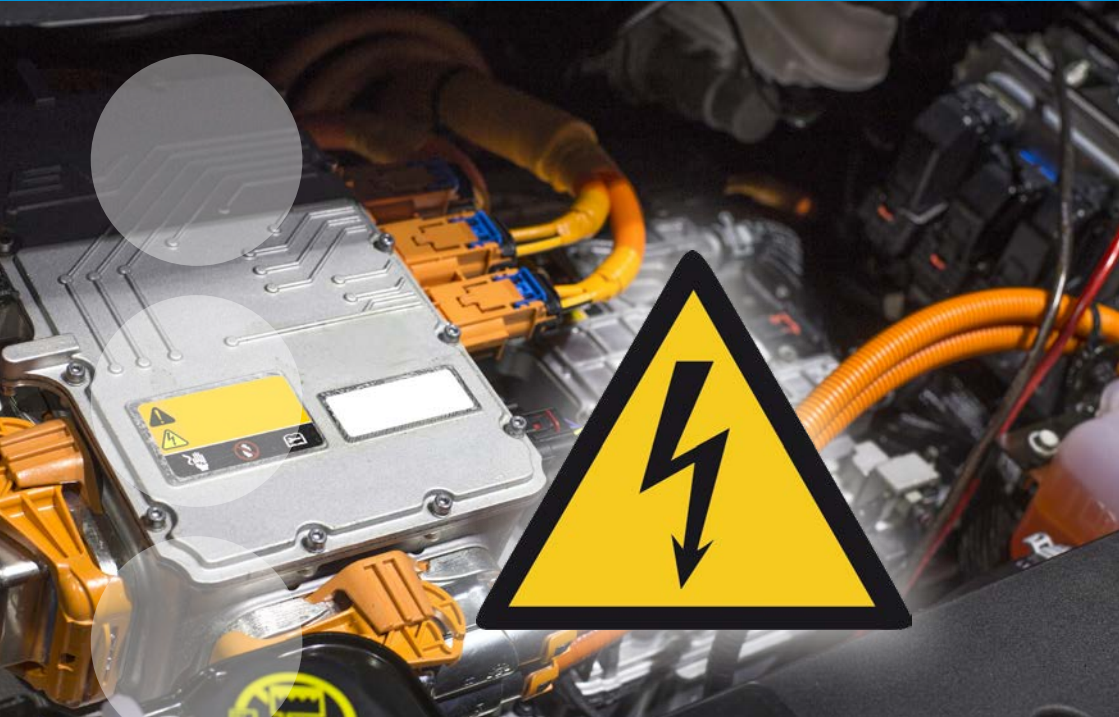


209-093

DGUV Information 209-093



Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen

Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40, 10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Fahrzeugbau, -antriebssysteme, Instandhaltung
im Fachbereich Holz und Metall der DGUV

In Kooperation mit dem Zentralverband
Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e.V. (ZDK)



unter Einbeziehung von Automobilherstellern und -zulieferern sowie folgender
Verbände:

- Zentralverband Karosserie- und Fahrzeugtechnik e.V.



- Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller e.V.



- LandBauTechnik -Bundesverband e.V.



Ausgabe: August 2021

DGUV Information 209-093

zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen Webcode: p209093

© Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung,
auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bildnachweis

Titelbild: © bong – stock.adobe.com; Abb. 1, 4, 10, 14: © ZF Friedrichshafen AG;
Abb. 2: © BGETEM – Florian Kraugmann; Abb. 3, 5, 6, 9, 11: © BG ETEM – Robert
Bosch GmbH; Abb. 7, 8, 12, 13, 15: © DGUV

Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen

Gegenüber der als Download-Version veröffentlichten Ausgabe Juli 2021 dieser Schrift wurden im **Abschnitt 5.1.4 Qualifikation Stufe 2S: Fachkundige Person (FHV)** folgende Änderungen vorgenommen: Die Aussagen zu den Ausbildungsberufen, in denen die erforderlichen Kenntnisse erworben werden können, sowie zu den erforderlichen Qualifizierungen für die Stufe 2S wurden erweitert.

Folgende wesentliche Änderungen wurden im Vergleich zur letzten Version von 2012 vorgenommen:

- redaktionelle Anpassungen
 - Zuordnung einer neuen DGUV Nummer (bisher 200-005)
 - Konkretisierung des Anwendungsbereichs z. B. nicht anzuwenden für Qualifizierung bei elektrotechnischen Arbeiten an
 - spurgeführten Fahrzeugen
 - An- und Anbaugeräten nach Maschinen-RL
 - elektrischen Niederspannungsanlagen auf Fahrzeugen
 - Fahrzeugen mit dauerhaftem Anschluss am Stromnetz während der Nutzung
 - Wasser- und Luftfahrzeugen
 - Aufnahme neuer Begriffe wie Fachkundige Person Hochvolt (FHV), Fachkundig unterwiesene Person (FUP)
 - Aufnahme des Stufenmodells für Qualifizierungsmaßnahmen auch im Servicebereich
-

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort	6	4.1.5	Qualifikation Stufe 3E: Fachkundige Person für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten 35
1 Anwendungsbereich	7	4.2	Qualifizierung für Arbeiten bei der Erstellung und Inbetriebnahme im Fertigungsprozess 39
2 Begriffsbestimmungen	8	4.2.1	Montage 39
3 Organisatorische Voraussetzungen für sicheres Arbeiten an HV-Fahrzeugen	11	4.2.2	Inbetriebnahme (Finish) 39
3.1 Verantwortung	11	4.2.3	Elektrische Prüfungen 41
3.2 Gefährdungsbeurteilung	16	5	Qualifizierung für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit Hochvoltssystemen 42
3.2.1 Elektrische Gefährdungen an HV-Systemen	18	5.1	Qualifizierungsstufen 42
3.2.2 Maßnahmen gegen elektrische Gefährdung	19	5.1.1	Allgemein 42
3.2.3 Beispielhafte Schutzmaßnahmen	24	5.1.2	Qualifikation Stufe S: Sensibilisierte Person 44
4 Qualifizierung für Arbeiten an Hochvoltssystemen in Forschung, Entwicklung und Produktion	27	5.1.3	Qualifikation Stufe 1S: Fachkundig unterwiesene Person (FuP) 45
4.1 Qualifizierungsstufen vor Produktionsstart	27	5.1.4	Qualifikation Stufe 2S: Fachkundige Person (FHV) 46
4.1.1 Allgemein	27	5.1.5	Qualifikation Stufe 3S: Fachkundige Person für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen 51
4.1.2 Qualifikation Stufe E: Sensibilisierte Person	29	5.2	Pannenhilfe 55
4.1.3 Qualifikation Stufe 1E: Fachkundig unterwiesene Person (FuP)	30	5.3	Unfallhilfe und Bergen von Fahrzeugen 56
4.1.4 Qualifikation Stufe 2E: Fachkundige Person (FHV)	31	5.4	Verschrotten/Verwerten/ Recycling 57

	Seite		Seite
Anhang 1	59	Anhang 6	70
Mustergefährdungsbeurteilung		Qualifizierungsinhalte: Fachkundige Personen für Arbeiten an Serien- fahrzeugen mit HV-Systemen (FHV)	
Anhang 2	62	Anhang 7	75
Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten vor SoP, die Stufe 1E/2E erfordern		Musterbescheinigung: Fachkundig unterwiesene Person (FuP) Stufe 1S	
Anhang 3	63	Anhang 8	76
Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten vor SoP, die Stufe 3E erfordern		Musterzertifikat: Fachkundige Person Hochvolt (FHV) Stufe 2S	
Anhang 4	64	Literaturverzeichnis	78
Qualifizierungsinhalte für Arbeiten an Hochvoltssystemen in Entwicklung und Fertigung			
Anhang 5	69		
Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Servicearbeiten, die Stufe 1S/2S erfordern			

Vorwort

In der Fahrzeugtechnik werden zunehmend Hochvoltssysteme eingesetzt. Wenn an damit ausgestatteten Fahrzeugen gearbeitet wird, muss mit einer Gefährdung durch elektrischen Schlag oder Störlichtbögen gerechnet werden. Diese DGUV Information beschreibt, wie Unternehmerinnen und Unternehmer auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung das sichere Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen organisieren können und wie der notwendige Qualifizierungsbedarf für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen bestimmt werden kann.

Die Schrift gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Organisatorische Voraussetzungen für sicheres Arbeiten (roter Reiter)
- Qualifizierungsbedarf in Forschung, Entwicklung und Produktion (grüner Reiter)
- Qualifizierungsbedarf in Servicewerkstätten (oranger Reiter)

Anmerkung:

Nach den Festlegungen der DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ dürfen elektrotechnische Arbeiten (Errichten, Ändern und Instandhalten) nur von Elektrofachkräften oder unter deren Leitung und Aufsicht ausgeführt werden. Bei der nachfolgend beschriebenen „Fachkundigen Person Hochvolt“ (FHV) handelt es sich um eine „Elektrofachkraft“ nach DGUV Vorschrift 3 und 4 für das elektrotechnische Teilgebiet Hochvoltssysteme.

1 Anwendungsbereich

Diese DGUV Information beschreibt die Qualifizierung von Personen, die Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvolt-Systemen und deren Komponenten ausführen. Dazu zählen grundsätzlich auch Arbeiten an Auf- und Anbaugeräten, die direkt mit dem HV-System verbunden sind und über die gleichen Schutzmaßnahmen verfügen.

Diese DGUV Information beschreibt nicht die Qualifizierung für Arbeiten an

- spurgeführten Fahrzeugen (z. B. Bahnen, Oberleitungsbussen),
- Auf- und Anbaugeräten von Fahrzeugen und Arbeitsmitteln, die unter den Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie fallen und gegen Gefährdungen durch elektrischen Schlag und Störlichtbögen Schutzmaßnahmen nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) erfordern,
- elektrischen Niederspannungsanlagen auf Fahrzeugen, die in den Anwendungsbereich der VDE 0100 fallen (z. B. 230 V-Steckdosen in Omnibussen),
- Fahrzeugen, die während der Nutzung dauerhaft an das Stromnetz angeschlossen sind (z. B. Erdbaumaschinen und vergleichbare Geräte),
- Wasser- und Luftfahrzeugen.

Für Arbeiten an Fahrzeugen, die nicht in den Anwendungsbereich dieser DGUV Information fallen, das heißt, die nicht der Definition für Fahrzeuge in Abschnitt 2 Nr. 14 entsprechen (z. B. Sportboote), kann die Schrift eine Orientierung geben.

Über die in dieser Schrift beschriebenen Qualifizierungen für Arbeiten an HV-Systemen hinaus können weitere Qualifikationsanforderungen bestehen (z. B. Fachkunde für Arbeiten an Gasfahrzeugen, eingeschränkte Fachkunde P1 für pyrotechnische Rückhaltesysteme oder Sachkunde für Klimaanlage).

2 Begriffsbestimmungen

1. Hochvolt (HV)

umfasst gemäß UNECE R100 Spannungen $> 60 \text{ V}$ und $\leq 1500 \text{ V}$ Gleichspannung (DC) oder $> 30 \text{ V}$ und $\leq 1000 \text{ V}$ Wechselspannung (AC) in der Fahrzeugtechnik, besonders in der Hybrid- und Brennstoffzellentechnologie sowie bei batterieelektrischen Fahrzeugen.

2. HV-Komponente

stellt in Fahrzeugen eine Spannung gemäß Definition „Hochvolt“ bereit oder wird mit dieser Spannung betrieben.

3. HV-System

besteht aus mindestens zwei HV-Komponenten.

4. Fachkundige Person Hochvolt (FHV)

ist, wer zur Ausübung einer bestimmten Aufgabe am Hochvoltsystem über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügt. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von der jeweiligen Art der Aufgabe.

5. Fachkundige Leitung

übernimmt die Fach- und Führungsverantwortung. Sie muss in ihrem Verantwortungsbereich fachkundig sein und vom Unternehmer oder von der Unternehmerin schriftlich beauftragt werden.

6. Leitung und Aufsicht

umfasst alle Tätigkeiten, die erforderlich sind, damit Arbeiten an HV-Systemen von Beschäftigten, die nicht die Kenntnisse und Erfahrungen einer FHV haben, sachgerecht und sicher durchgeführt werden können. Leitung und Aufsicht für Arbeiten an HV-Systemen müssen mindestens von einer FHV übernommen werden.

7. Sensibilisierte Person

ist, wer für das Bedienen von HV-Fahrzeugen und -Komponenten auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch hingewiesen worden ist.

8. Fachkundig unterwiesene Person (FuP)

ist, wer durch eine FHV zu den ihr übertragenen Aufgaben und den möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angeleitet und zu den notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen unterwiesen wurde.

9. Bedienen von Fahrzeugen

umfasst alle Tätigkeiten, die zum Führen eines Fahrzeugs erforderlich sind und beinhaltet das Anschließen an Ladeeinrichtungen und das Nachfüllen von Betriebsstoffen.

10. Arbeiten

im Sinne dieser DGUV Information ist jede Form elektrotechnischer oder nichtelektrotechnischer Tätigkeiten an Fahrzeugen oder HV-Komponenten, bei der die Möglichkeit einer elektrischen Gefährdung besteht.

11. Arbeiten im spannungsfreien Zustand

im Sinne dieser DGUV Information sind Arbeiten an oder mit HV-Komponenten oder in deren Gefährdungsbereich, z. B. Erproben, Instandsetzen, Auswechseln, Ändern, Erweitern, Errichten und Prüfen, deren Spannungsfreiheit hergestellt und für die Dauer der Arbeiten sichergestellt ist.

12. Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen

im Sinne dieser DGUV Information sind alle Arbeiten, bei denen Beschäftigte mit Körperteilen oder Gegenständen (Werkzeuge, Geräte, Ausrüstungen oder Vorrichtungen) HV-Komponenten oder Teile berühren können, wenn der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt ist und eine elektrische Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

13. SoP (Start of Production)

steht für den Beginn der Serienproduktion von Fahrzeugen, bei der die Montage nach standardisierten Arbeitsverfahren erfolgt. Die Entwicklungsphase, die Prototyp- oder Vorserienfertigung ist zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen.

14. Fahrzeuge

im Sinne dieser DGUV Information sind Landfahrzeuge, die betriebsmäßig durch Maschinenkraft bewegt oder gezogen werden.

Landfahrzeuge sind z. B. Personen- und Lastkraftwagen, Omnibusse, Anhängelfahrzeuge, landwirtschaftliche Maschinen, Bagger, Lader, gleislose Erdbaugeräte, Mobilkrane, Flurförderzeuge, Bodengeräte der Luftfahrt, wie Schleppgeräte, Transportgeräte, Luftfahrzeugbe- und -entladegeräte, Ver- und Entsorgungsgeräte, Zweiräder.

15. UE (Unterrichtseinheit)

entspricht einer Zeitdauer von 45 Minuten.

3

Organisatorische Voraussetzungen für sicheres Arbeiten an HV-Fahrzeugen

3.1 Verantwortung

Die Verantwortung von Unternehmerinnen und Unternehmern für sicheres Arbeiten ist besonders in folgenden Gesetzen und Vorschriften beschrieben:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“

Unternehmerisches Handeln

Die erste und oberste Pflicht zur Unfallverhütung im Betrieb liegt immer bei der Unternehmerin oder beim Unternehmer.

Zur unternehmerischen Verantwortung zählen:

- Bereitstellen von Geldmitteln und Entscheidung darüber
- Auswahl geeigneter Beschäftigter
- Grundsatzentscheidungen über Sicherheitspolitik, Sicherheitsorganisation, Einrichtungen zur Sicherheit

Zu den Pflichten von Unternehmern und Unternehmerinnen in Bezug auf das sichere Arbeiten an HV-Fahrzeugen zählen zum Beispiel:

- Gefährdungsbeurteilung erstellen und Schutzmaßnahmen festlegen
- Sicherstellen, dass nur ausreichend qualifizierte Beschäftigte Arbeiten an HV-Systemen von Fahrzeugen durchführen
- Erstellen von Arbeitsanweisungen für den Umgang mit HV-Systemen
- Regelmäßige Unterweisungen der Beschäftigten
- Organisieren von Strukturen und Abläufen
- Festlegen des Aufgaben- und Kompetenzbereichs der Beschäftigten je nach Art der durchzuführenden Tätigkeiten

Die DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ führt in §7 zur Befähigung für Tätigkeiten Folgendes aus:

(1) Bei der Übertragung von Aufgaben auf Versicherte hat der Unternehmer je nach Art der Tätigkeiten zu berücksichtigen, ob die Versicherten befähigt sind, die für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Aufgabenerfüllung zu beachtenden Bestimmungen und Maßnahmen einzuhalten.

(2) Der Unternehmer darf Versicherte, die erkennbar nicht in der Lage sind, eine Arbeit ohne Gefahr für sich oder andere auszuführen, mit dieser Arbeit nicht beschäftigen.

Zum Nachweis der Befähigung können Unternehmer und Unternehmerinnen berufliche Qualifikationen, bereits gesammelte Berufspraxis und Erfahrungswerte (Zeugnisse etc.), Sachkunde und besondere Einweisung und Unterweisung heranziehen. Außerdem muss die Aktualität der Befähigung sichergestellt werden.

Zu Fragen der gesundheitlichen Eignung können Unternehmerinnen und Unternehmer einen Arzt oder eine Ärztin mit arbeitsmedizinischer Fachkunde zu Rate ziehen. Bei dem Vorliegen einer entsprechenden Rechtsgrundlage können diese durch Unternehmer und Unternehmerinnen auch zu einer Eignungsbeurteilung beauftragt werden.

Unternehmer und Unternehmerinnen können die aus ihren Pflichten resultierenden Aufgaben im Arbeitsschutz an zuverlässige und fachkundige Personen schriftlich übertragen (§ 13 ArbSchG).

Die beauftragten Personen können verantwortlich sein für

- die Durchführung von Maßnahmen zur Arbeitssicherheit,
- das Erstellen von Anweisungen zur Arbeitssicherheit,
- die Motivation zur Arbeitssicherheit,
- die Aufsicht und Kontrolle,
- Meldungen an die nächsten Vorgesetzten,
- die Gefahrenabwehr im Einzelfall.

Die gemäß § 12 ArbSchG und § 4 DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ erforderliche regelmäßige Unterweisung der Beschäftigten muss von einem oder einer Vorgesetzten durchgeführt werden. Falls diese Person nicht über die erforderlichen Kenntnisse verfügt, muss sie sich von einer fachkundigen Person unterstützen lassen.

Alle Vorgesetzten müssen sich im Rahmen ihrer Fürsorgepflicht vergewissern, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowohl gesundheitlich als auch fachlich in der Lage sind, die vorgesehene Tätigkeit auszuüben.

Für Arbeiten an HV-Systemen ist es notwendig, den Beschäftigten die theoretischen elektrotechnischen Grundlagen zu vermitteln. Zur Vermittlung von Wissen können unterstützend auch digitale Medien, zum Beispiel E-Learning, eingesetzt werden. Zusätzlich sollten den Beschäftigten die praktischen Fertigkeiten im Umgang mit den jeweiligen HV-Komponenten, Werkzeugen und Hilfsmitteln vermittelt werden.



Abb. 1
Beispiel für die Vermittlung praktischer Fertigkeiten im Umgang mit den HV-Systemen

Die notwendige Qualifizierung der Beschäftigten muss von Personen durchgeführt werden, die das erforderliche Wissen auf dem zu vermittelnden Arbeitsgebiet, didaktisches Können sowie Erfahrungen in der Erwachsenenbildung haben. Bei der Qualifizierung müssen geeignete Schulungsunterlagen zur Verfügung gestellt und praxismgerechte Übungen durchgeführt werden. Die erfolgreiche Teilnahme muss nachvollziehbar unter Angabe der vermittelten Inhalte dokumentiert werden. Aus- und Fortbildungsmaßnahmen können intern oder von externen Ausbildungsträgern durchgeführt werden. Die Unfallversicherungsträger erteilen keine Zertifizierungen für Lehrgänge oder Bildungsträger.

Fachkundige Leitung im HV-Bereich


Ein fachkundiges Leiten im HV-Bereich ist immer dann erforderlich, wenn neben den Arbeiten an HV-Systemen zusätzliche Aufgaben notwendig sind, wie

- Planen, Projektieren, Konstruieren,
- Organisieren der Arbeiten,
- Festlegen der Arbeitsverfahren,
- Auswählen geeigneter Arbeits- und Aufsichtskräfte,
- Bekanntgeben und Erläutern der einschlägigen Sicherheitsfestlegungen,
- Festlegen der zu verwendenden Werkzeuge und Hilfsmittel,
- Festlegen notwendiger Schulungsmaßnahmen,
- Kontrolle von Arbeitsabläufen durch Stichproben oder Erfolgskontrollen.

Die fachkundige Leitung muss eine Person mit Fach- und Führungsverantwortung übernehmen. Die Entscheidung, wer Fach- und Führungsverantwortung für Fachkundige Personen (FHV) übernimmt, trifft die Unternehmensleitung im Rahmen der Pflichtenübertragung.

Fachkundige Person Hochvolt (FHV)

Personen, die Arbeiten an HV-Systemen durchführen sollen, müssen für diese Arbeiten qualifiziert sein. Der Umfang der Qualifizierung hängt unter anderem vom Grad der bei den Arbeiten auftretenden elektrischen Gefährdungen und von den Vorkenntnissen ab. Die qualifizierten Beschäftigten müssen in der Lage sein, die übertragenen Arbeiten zu beurteilen, mögliche Gefahren zu erkennen und die notwendigen Schutzmaßnahmen anzuwenden.

Beim Einsatz von Fachkundigen Personen Hochvolt (FHV) ist zu berücksichtigen, ob sie für Arbeiten innerhalb des Projektierungs- und Entwicklungsprozesses (vor SoP), der Montage des HV-Systems oder für Servicearbeiten an Serienfahrzeugen (nach SoP) qualifiziert sind. In welchem Arbeitsbereich die Fachkundigen Personen Arbeiten ausführen können, kann den entsprechenden Qualifizierungsnachweisen und Zertifikaten entnommen werden (Musterzertifikat  siehe Anhang 8).

Eine FHV kann auch Leitung und Aufsicht übernehmen. Das bedeutet die Wahrnehmung von Fach- und Führungsverantwortung, besonders für folgende Tätigkeiten:

- Unterrichten und Einweisen Fachkundig unterwiesener Personen
- Überwachen der ordnungsgemäßen Errichtung, Änderung und Instandhaltung von HV-Systemen
- Anordnen, Durchführen und Kontrollieren der zur jeweiligen Arbeit erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich des Bereitstellens von Sicherheitseinrichtungen
- Durchführen der zur jeweiligen Arbeit notwendigen Sicherheitsmaßnahmen; gegebenenfalls das Durchführen und Kontrollieren getroffener Sicherheitsmaßnahmen

Fachkundig unterwiesene Person (FuP)

Fachkundig unterwiesene Personen dürfen eigenverantwortlich keine Arbeiten an Hochvoltssystemen und -komponenten ausführen. Sie dürfen nur die Arbeiten ausführen, für die sie eine Unterweisung erhalten haben (Musterbescheinigung → siehe Anhang 7). Bei diesen Arbeiten müssen sie die vermittelten Maßnahmen und Verhaltensregeln anwenden. Die FuP darf nur dann Arbeiten am Hochvoltssystem im spannungsfreien Zustand ausführen, wenn dies unter Leitung und Aufsicht einer FHV (s.o.) erfolgt.

3.2 Gefährdungsbeurteilung

Nach dem Arbeitsschutzgesetz müssen Unternehmerinnen und Unternehmer die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten gewährleisten und, falls erforderlich, verbessern. Ein wichtiger Schritt dazu ist die Gefährdungsbeurteilung (§§ 5 und 6 ArbSchG).

Die Gefährdungsbeurteilung ist ein sich zeitlich wiederholender Prozess zur Ermittlung von Gefährdungen und zur Bewertung der damit verbundenen Risiken. Die Beurteilung der Gefährdungen ist die Voraussetzung für das Ergreifen von wirksamen und betriebsbezogenen Arbeitsschutzmaßnahmen.

Die Gefährdungsbeurteilung besteht aus

- einer systematischen Feststellung und Bewertung von relevanten Gefährdungen,
- der Ableitung entsprechender Maßnahmen und
- der Kontrolle der Wirksamkeit der festgelegten Maßnahmen.

Eine Gefährdung kann sich unter anderem aus einer unzureichenden Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten ergeben.

Die Arbeitsschutzmaßnahmen müssen in jedem Fall den allgemeinen Grundsätzen der Gefahrenverhütung nach dem Arbeitsschutzgesetz entsprechen.

Maßnahmen werden unterschieden in

- technische Maßnahmen, z. B. Isolierung, feste Abdeckungen (Abb. 2: Basisschutz durch Isolation und Abdeckung),
- organisatorische Maßnahmen, z. B. Kennzeichnung von HV-Fahrzeugen in der Werkstatt (Abb. 7: Beispiele für die Kennzeichnung von HV-Fahrzeugen in der Werkstatt), Einhaltung vorgeschriebener Wartezeiten zum Abbau von Spannung,
- personenbezogene Maßnahmen, z. B. persönliche Schutzausrüstungen (Isolierhandschuhe, Helm mit Visier, Schutzkleidung gegen die thermischen Gefahren eines Störlichtbogens, ...), Unterweisung.

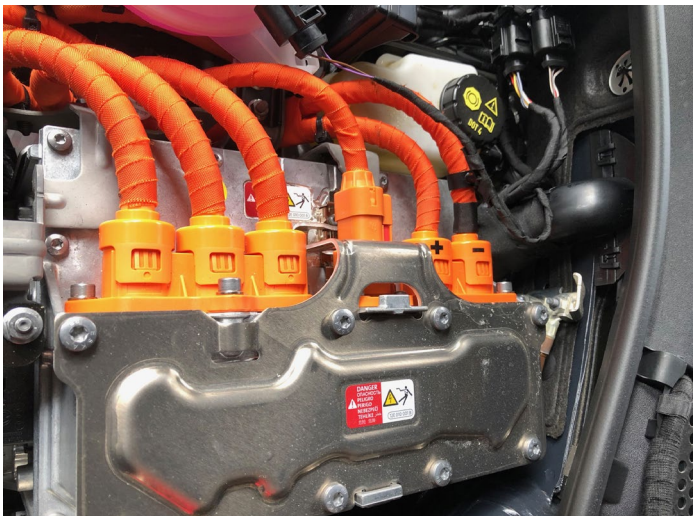


Abb. 2 Basisschutz durch Isolation und Abdeckung

Auch eine Kombination dieser Maßnahmen ist möglich. Technischen Maßnahmen ist der Vorrang vor organisatorischen oder persönlichen Maßnahmen einzuräumen.

Eine Mustergefährdungsbeurteilung für eine Kfz-Servicewerkstatt ist im **Anhang 1** angefügt.

3.2.1 Elektrische Gefährdungen an HV-Systemen

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 25 V oder DC 60 V 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 25 V oder DC 60 V ist der durch sie hervorgerufene Strom durch einen induktionsfreien Widerstand von 2 k Ω nicht größer als AC 3 mA effektiv bzw. DC 12 mA.
- Die Entladungsenergie ist nicht größer als 350 mJ.

Allerdings liegt eine Gefährdung vor, wenn die oben genannten Werte im Normalbetrieb zwar eingehalten, aber beim Auftreten eines Fehlers überschritten werden.

Außerdem müssen alle zu erwartenden Risiken bedacht und gegebenenfalls Maßnahmen zur Minimierung von Gefährdungen getroffen werden, z. B. die Lichtbogengefährdung bei einem Akkumulator, die Gefährdung durch hohe Entladungsenergie bei einem Kondensator.



Aufgrund höherer Bordnetzspannungen und erhöhter elektrischer Energie durch das HV-System ergibt sich für den Fahrzeugbereich ein bisher nicht vorhandenes Niveau der elektrischen Gefährdung. Es besteht die Gefahr von irreversiblen Körperschäden oder Tod durch elektrischen Schlag oder Störlichtbögen.

3.2.2 Maßnahmen gegen elektrische Gefährdung

Mit Arbeiten am HV-System darf erst begonnen werden, wenn Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag, Kurzschlüsse und Störlichtbögen umgesetzt wurden.

An unter Spannung stehenden aktiven Teilen elektrischer Anlagen und Betriebsmitteln darf im Regelfall nicht gearbeitet werden. Daher ist vor Beginn der Arbeiten der spannungsfreie Zustand herzustellen und für die Dauer der Arbeiten sicherzustellen.

Das wird erreicht, wenn die fünf Sicherheitsregeln eingehalten werden.



Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

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

Diese fünf Sicherheitsregeln sind lebenswichtig. Im Allgemeinen sind sie in der angegebenen Reihenfolge einzuhalten.

Bei Arbeiten am HV-System müssen immer die ersten drei Regeln umgesetzt werden. Ob zusätzlich die vierte und fünfte Regel angewendet werden müssen, ist im Einzelfall festzulegen.

Im Einzelnen lassen sich die Forderungen der fünf Sicherheitsregeln an Fahrzeugen mit HV-Systemen beispielsweise folgendermaßen umsetzen (in Abhängigkeit vom jeweiligen Hersteller):

Regel 1: Freischalten

- Zündung ausschalten.
- Service-/Wartungsstecker betätigen bzw. Batterie-Hauptschalter ausschalten.
- Sicherungen ziehen.
- Auslösen der Trenneinrichtung durch Betätigen des Steckers für Interlock-/Pilot-/Überwachungskreis
- 12 V Bordnetzatterie abklemmen.
- Verbindung zum stationären Netz (z. B. Ladestecker) trennen.
- Geführter Freischaltprozess mittels Diagnosegerät



Abb. 3
Verschiedene
Servicestecker

Regel 2: Gegen Wiedereinschalten sichern

- Zündschlüssel abziehen und gegen unbefugten Zugriff gesichert aufbewahren.
- Service-/Wartungsstecker gegen unbefugten Zugriff gesichert aufbewahren bzw. Batterie-Hauptschalter gegen Wiedereinschalten sichern, z. B. durch abschließbare Abdeckkappe oder Schloss.
- Weitere betriebsinterne Festlegungen und Vorgaben des Herstellers beachten.



Abb. 4 Beispiel für das Sichern gegen Wiedereinschalten

Regel 3: Spannungsfreiheit feststellen

- Spannungsfreiheit mit einem geeigneten Prüfgerät (z. B. zweipoliger Spannungsprüfer) feststellen.
- Selbst bei abgeschalteter HV-Spannung können noch Restladungen (z. B. Zwischenkreisspannung) vorhanden sein.



Abb. 5
Spannungsfreiheit
feststellen



Vor Beginn der Arbeiten am HV-System ist immer die Spannungsfreiheit festzustellen!

Zum Feststellen der Spannungsfreiheit sind die Vorgaben des Fahrzeugherstellers zu beachten. Es sind geeignete Spannungsprüfer oder herstellerspezifische Prüfvorrichtungen zu verwenden. Geeignet sind Prüfeinrichtungen besonders dann, wenn eine Prüfstelle die erforderlichen Kriterien geprüft und die Eignung festgestellt hat. Vielfachmessgeräte sind nicht geeignet.

Sonstige ortsveränderliche Messgeräte sind zum Feststellen der Spannungsfreiheit geeignet, wenn sie auch den Bestimmungen für Spannungsprüfer nach DIN EN 61243-3 (VDE 0682-401) „Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer Teil 3: Zweipoliger Spannungsprüfer für Niederspannungsnetze“ entsprechen. Bei der Verwendung von Spannungsprüfern ist darauf zu achten, dass sie für die zu messende Spannungsart und -höhe geeignet sind und einwandfrei funktionieren. Die einwandfreie Funktion muss unmittelbar vor und nach dem Feststellen der Spannungsfreiheit überprüft werden. Die Spannungsfreiheit muss an allen leitfähigen Teilen, die unter Spannung stehen könnten, nachgewiesen werden. Bis zum Nachweis der Spannungsfreiheit gilt das System als unter Spannung stehend.

Regel 4: Erden und Kurzschließen

Fahrzeuge sind in der Regel gegen Erdpotenzial isoliert. Das **Erden** aktiver Teile verringert die Gefährdung in diesem Fall nicht.



Energiespeicher dürfen nicht kurzgeschlossen werden!

Aufgrund der häufig verwendeten chemischen Energiespeicher wird außerdem explizit vor dem **Kurzschließen** gewarnt. Wenn diese Energiespeicher kurzgeschlossen werden, besteht die Gefahr von irreparablen Schäden am Speicher bis hin zum Bersten der Batterie. Energiespeicher werden deshalb in der Regel nicht geerdet und auch nicht kurzgeschlossen.



Fahrzeugspezifische Angaben des Herstellers sind unbedingt zu beachten!

Regel 5: Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken

Bevor Arbeiten an Hochvoltkomponenten durchgeführt werden, wird das HV-System in der Regel vollständig spannungsfrei geschaltet. Sollten dennoch Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten erforderlich sein



Abb. 6

Beispiel für die Abdeckung benachbarter unter Spannung stehender Teile

(z. B. Fehlersuche), sind die nicht von den Arbeiten betroffenen, berührbaren unter Spannung stehenden Teile abzudecken, beispielsweise mit Abdecktüchern nach DIN EN 61112 (VDE 0682-511).

Beendigung der Arbeiten

Nach Abschluss der Arbeiten werden die Sicherheitsregeln in umgekehrter Reihenfolge wieder aufgehoben. Zunächst sind alle Werkzeuge, Hilfsmittel und sonstigen Geräte von der Arbeitsstelle und aus dem Gefahrenbereich zu entfernen. Der vorgesehene sichere Zustand ist unter Berücksichtigung der Herstellervorgaben wiederherzustellen.

3.2.3 Beispielhafte Schutzmaßnahmen

Je nach Hersteller sind an den Hochvoltsystemen unterschiedliche Schutzmaßnahmen realisiert. Die Schutzmaßnahmen sind so aufgebaut, dass ein Fehler allein nicht zu einer elektrischen Gefährdung führen kann. Nachfolgende Schutzmaßnahmen können in verschiedenen HV-Systemen umgesetzt sein:

- Abschaltung des gesamten HV-Systems durch eine Trenneinrichtung (z. B. Service Disconnect, Wartungsstecker, Schalteinrichtung im Energiespeicher)
- Alle Leitungsanschlüsse/-verbindungen steckbar
- Sicherheitsschleife (Interlock, Pilotlinie) für alle HV-Komponenten und Steckverbindungen in mindestens einfehlersicherer Ausführung
- Not-Aus-Einrichtung
- Abdeckungen von nicht gegen direktes Berühren geschützten, unter Spannung stehenden Teilen nur mit Werkzeug oder durch Zerstörung entfernbar
- Abschaltung der Bord-Netzspannung beim Lösen von Steckverbindungen durch voreilende Steckerkontakte zur Vermeidung von Störlichtbögen (sogenannte „Pilotlinie“)

- Abschaltung der Stromkreise beim Öffnen verschiedener Abdeckungen, teilweise auch der Motorhaube
- Ausbau der Komponenten/Öffnen der Deckel und Abdeckungen durch mechanische Anordnung nur nach einer Zeit möglich, die größer als die Entladezeit für die Restenergie ist
- Fest eingebaute Einrichtung zur Feststellung der Spannungsfreiheit des HV-Systems
- Einheitliche, eindeutig erkennbare Kennzeichnung aller HV-Komponenten, z. B. orange Leitungen, Warnaufkleber an HV-Komponenten
- Aufbau eines erdfreien, zur Fahrzeugmasse und gegen die einzelnen Leiter isolierten elektrischen Netzes (HV-System)
- Überwachung der Isolierung der aktiven Leiter gegen die Fahrzeugmasse
- Gezielte Entladung der Restenergien der elektrischen Energiespeicher, z. B. Kondensatoren
- Verbindung aller berührbaren leitfähigen Fahrzeugteile, die im Fehlerfall unter Spannung stehen könnten, durch Schutzpotenzialausgleich, um die Bildung unterschiedlicher Potenziale zu verhindern

Bei einer geeigneten Kombination von technischen Maßnahmen kann ein vollständiger Berührungs- und Lichtbogenschutz gegenüber dem HV-System erzielt werden.



Abb. 7 Beispiele für die Kennzeichnung von HV-Fahrzeugen in der Werkstatt

4

Qualifizierung für Arbeiten an Hochvoltsystemen in Forschung, Entwicklung und Produktion

4.1 Qualifizierungsstufen vor Produktionsstart

4.1.1 Allgemein

Die erforderlichen Qualifizierungen (Inhalte und zeitlicher Umfang) sind gefährdungsorientiert in Abhängigkeit von den durchzuführenden Arbeiten und den Eingangsqualifikationen der Beschäftigten individuell festzulegen. Die aufgeführten Qualifizierungsinhalte sind beispielhaft und müssen an die konkreten Anforderungen der Tätigkeiten angepasst werden. Die Qualifizierung ist mit einem Nachweis der erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse in einer theoretischen und einer praktischen Prüfung abzuschließen. Die Qualifizierung ist zu dokumentieren.

Die notwendige Qualifikation ist in Abhängigkeit von den auszuführenden Arbeiten im nachfolgenden Stufenmodell dargestellt:

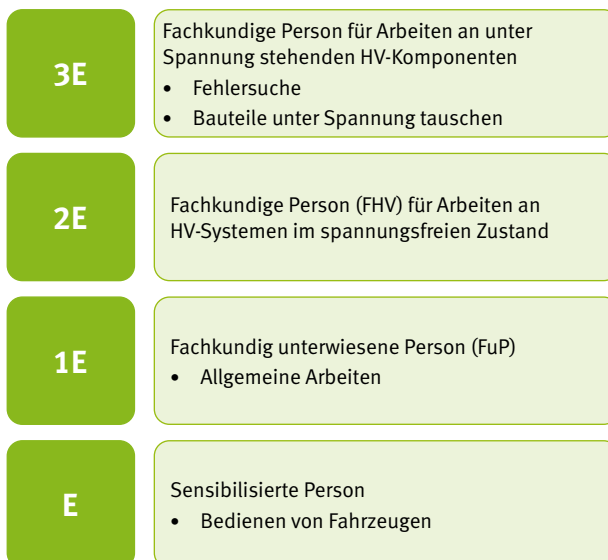


Abb. 8
Qualifizierungsstufen für Arbeiten vor Produktionsstart

Stufe E beschreibt das Sensibilisieren für den Umgang mit HV-Fahrzeugen. Wesentliche Elemente dabei sind beispielsweise das Bedienen, Reinigen, Besonderheiten des Fahrverhaltens und das Vorgehen beim Laden.

Stufe 1E beschreibt alle allgemeinen Arbeiten, die an Fahrzeugen mit HV-Systemen durchgeführt werden müssen, zum Beispiel Rädertausch, Ölwechsel. Die Beschäftigten müssen auf die möglichen elektrischen Gefährdungen durch das HV-System hingewiesen und zur bestimmungsgemäßen Verwendung des Fahrzeugs unterwiesen werden.

Stufe 2E beschreibt die Fachkunde für Arbeiten an HV-Systemen im spannungsfreien Zustand. Diese Qualifizierungsstufe beinhaltet alle Arbeiten, die im spannungsfreien Zustand an HV-Systemen ausgeführt werden. Dazu ist die Außer- und Wiederinbetriebnahme der HV-Systeme entsprechend den Herstellervorgaben oder die Anwendung und Durchführung mindestens der ersten drei Regeln der „Fünf Sicherheitsregeln“ erforderlich.

Voraussetzung für die Qualifizierung zur **Stufe 3E** ist die erfolgreiche Absolvierung der Qualifizierung zur Stufe 2E und die sichere Durchführung der damit verbundenen praktischen Tätigkeiten. Mit der Qualifizierung zum Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen können alle Arbeiten am HV-System durchgeführt werden.

Wird während des Produktentstehungsprozesses festgestellt, dass Komponenten verbaut werden, deren Sicherheitsstandards denen der Serienproduktion entsprechen, kann die Zuordnung zu einer Qualifizierung nach SoP erfolgen. Die Festlegung und Entscheidung darüber trifft die fachkundig leitende Person.

Die Flussdiagramme im *Anhang 2* und *Anhang 3* helfen bei der Ermittlung des notwendigen Qualifizierungsumfangs.



Abb. 9 Fachkundige Person Hochvolt (FHV) bei Arbeiten an HV-Komponenten in der Entwicklung

4.1.2 Qualifikation **Stufe E: Sensibilisierte Person**

Für das Bedienen von HV-Fahrzeugen ist es ausreichend, die Beschäftigten auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch hinzuweisen und zu den dabei zu beachtenden Besonderheiten zu unterweisen. Zum Bedienen zählen auch Arbeiten, deren elektrische Gefährdung mit dem Bedienen durch den Fahrer oder die Fahrerin vergleichbar sind, zum Beispiel:

- Wechseln der Scheibenwischerblätter, Auffüllen von Wischwasser
- Vorbereiten der Fahrzeuge für Erprobungsfahrten
- Nutzen bekannter Befüllanschlüsse (z. B. für Motoröl, Kühlwasser)
- Benutzen von Bedienelementen mit neuen Symbolen und Gefahrenkennzeichnungen oder neuen Anschlüssen (z. B. Ladevorrichtung am Fahrzeug).

Zum Bedienen der Fahrzeuge gehört auch die Innen- und Außenreinigung. Allerdings ist darauf zu achten, dass alle Serviceklappen und Motorhauben

geschlossen sind, da sich dahinter HV-Komponenten befinden können, die bei einer Beschädigung eine Gefährdung darstellen. Bei unsachgemäßer Reinigung mit hohem Wasserdruck besteht die Gefahr der Beschädigung von HV-Komponenten.

Bei Unfällen, Beschädigungen und beim Bergen/Abschleppen können zusätzliche Gefährdungen auftreten. Fahrerinnen und Fahrer sind zu diesen Gefährdungen zu unterweisen. Darüber hinaus sind sie in zusätzliche Bedienelemente, wie beispielsweise einen Not-Aus-Schalter am Fahrarbeitsplatz, einzuweisen.



Für alle Bedienhandlungen sind die Hinweise der Entwicklungsabteilung zu berücksichtigen!

4.1.3 Qualifikation **Stufe 1E: Fachkundig unterwiesene Person (FuP)**

Für alle allgemeinen Arbeiten, die an Fahrzeugen mit HV-Systemen ausgeführt werden müssen, bedarf es einer Unterweisung durch eine Fachkundige Person (FHV).

Die Beschäftigten sollen im Umgang mit den HV-Systemen unterwiesen werden, damit sie sicher am Fahrzeug arbeiten können. Es soll erreicht werden, dass die Beschäftigten Fahrzeuge mit HV-Systemen sicher bedienen können, den Aufbau und die Wirkungsweise verstehen und mit den Kennzeichnungen der Komponenten vertraut sind. Inhalt der Unterweisung muss auch sein, dass Arbeiten an den HV-Komponenten unzulässig sind. Ein Nichtbeachten dieser Vorgaben kann zu elektrischem Schlag oder Störlichtbogenbildung führen.

Inhalte dieser Unterweisung müssen unter anderem sein:

- Elektrische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen
- Bedienen von Fahrzeugen und den zugehörigen Einrichtungen (z. B. Prüfstände)
- Durchführung allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischtaltung des HV-Systems erfordern
- Lage und Kennzeichnung der HV-Komponenten und Leitungen im und am Fahrzeug
- Durchführung aller mechanischen Tätigkeiten am Fahrzeug (aber: „Hände weg von orange!“)
- Außerbetriebnahme des HV-Systems, Service-Disconnect/Not-Aus betätigen als zusätzliche Sicherungsmaßnahme
- Unzulässige Arbeiten am Fahrzeug
- Einstellen der Arbeiten bei Unklarheiten und Information der zuständigen FHV
- Organisationsablauf bei Arbeiten an HV-Komponenten, die unter Leitung und Aufsicht einer FHV durchgeführt werden

Der zeitliche Umfang für die Unterweisung in der Stufe 1E muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 2 UE betragen.

4.1.4 Qualifikation **Stufe 2E: Fachkundige Person (FHV)**

Für alle Arbeiten, die an HV-Systemen ausgeführt werden, bedarf es einer elektrotechnischen Qualifikation der Beschäftigten nach Stufe 2E.

Die Qualifizierung zur Stufe 2E erfolgt unter Berücksichtigung der bereits erworbenen individuellen elektrotechnischen Kenntnisse.



Nach erfolgreicher Qualifikation sind die Fachkenntnisse durch regelmäßige Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten!

Die nachfolgend aufgeführten Qualifizierungsinhalte sind beispielhaft und müssen an die konkreten Anforderungen der Tätigkeiten angepasst werden. Das Flussdiagramm im *Anhang 2* hilft bei der Ermittlung des notwendigen Qualifizierungsumfangs.

Einstieg A: Personen ohne elektrotechnische Vorkenntnisse mit technischer Ausbildung

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrotechnische Grundkenntnisse
- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei Arbeiten an HV-Komponenten
- Fach- und Führungsverantwortung
- Qualifikationen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik vs. Hochvolttechnik
- Einsatz von HV-Systemen im Fahrzeug
- Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 4.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 100 UE (davon mindestens 16 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.

Einstieg B: Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Fahrzeugbereich, z. B. ausgebildet in der Kfz-Elektrik, Kfz-Mechatronik, Kfz-Mechanik, Land- und Baumaschinenmechanik

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei Arbeiten an HV-Komponenten
- Fach- und Führungsverantwortung
- Qualifikationen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik vs. Hochvolttechnik
- Einsatz von HV-Systemen im Fahrzeug

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 4.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 48 UE (davon mindestens 16 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.

Einstieg C: Personen mit elektrotechnischer Ausbildung, z. B. Industrie-elektroniker und -elektronikerinnen, Elektromonteur und -monteurinnen, Elektroingenieurinnen und -ingenieure

Qualifizierungsinhalte:

- Fach- und Führungsverantwortung
- Qualifikationen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik vs. Hochvolttechnik
- Einsatz von HV-Systemen im Fahrzeug
- Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 4.

Die Inhalte müssen an den aktuellen Wissensstand der Teilnehmenden angepasst werden.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 24 UE (davon mindestens 16 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.

Einstieg D: Personen mit theoretischen elektrotechnischen Grundkenntnissen

Für Beschäftigte, die über theoretische elektrotechnische Grundkenntnisse verfügen, die sie beispielsweise aufgrund ihrer Ausbildung oder in einem technischen oder naturwissenschaftlichen Studium erworben haben, ist die notwendige Qualifizierung individuell zu ermitteln.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten individuell ermittelt werden und mindestens 16 UE Praxis beinhalten. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.

4.1.5 Qualifikation **Stufe 3E: Fachkundige Person für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten**

Mit der Qualifikation für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten kann die Fehlersuche an unter Spannung stehenden HV-Komponenten durchgeführt werden, wenn das Fahrzeug nicht spannungsfrei geschaltet oder die Spannungsfreiheit nicht festgestellt werden kann. Dasselbe gilt für Arbeiten an unter Spannung stehenden Energiespeichern und für Arbeiten mit entsprechendem Gefährdungspotenzial, zum Beispiel die Hochspannungsprüfung nach Arbeitsanweisung.

Jede Arbeit, bei der Beschäftigte mit Körperteilen oder Gegenständen (Werkzeuge, Geräte, Ausrüstungen oder Vorrichtungen) HV-Komponenten oder Teile berühren können, gilt dann als Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten, wenn der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt ist und eine elektrische Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.



Abb. 10
Arbeiten an unter
Spannung stehenden
HV-Komponenten

Das Feststellen der Spannungsfreiheit gilt nicht als Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten, wenn durch das Arbeitsverfahren und die Arbeitsmittel eine elektrische Gefährdung ausgeschlossen ist.

Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten bedeuten für die Beschäftigten ein Gefährdungspotenzial, das höher ist als bei Arbeiten im spannungsfreien Zustand. Um diese Arbeiten sicher durchführen zu können, ist eine weitergehende Qualifizierung erforderlich. Zum Erlangen dieser zusätzlichen Qualifikation sind die nachfolgend genannten persönlichen Voraussetzungen zu erfüllen.

Vor Beginn der Maßnahme ist nachzuweisen, dass die zu qualifizierende Person

- mindestens eine Qualifikation nach Stufe 2E besitzt,
- mindestens 18 Jahre alt ist und
- eine erfolgreich abgeschlossene Erste-Hilfe-Ausbildung einschließlich Herz-Lungen-Wiederbelebung (9 Unterrichtseinheiten nach DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“) hat.

Zudem muss sichergestellt sein, dass die zu qualifizierende Person keine gesundheitlichen Einschränkungen besitzt (z. B. Implantatträger(in), Epilepsie, ...), die zu Gefährdungen bei der Durchführung von Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten führen können (siehe auch §7 DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“).

Bei Eignungsbeurteilungen für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten sind durch den Unternehmer oder die Unternehmerin geeignete Rechtsgrundlagen (individual- oder kollektivrechtliche Vereinbarungen) zu beachten (siehe auch DGUV Information 250-010 „Eignungsuntersuchungen in der betrieblichen Praxis“). Die Beurteilungen sind getrennt von der Arbeits-

medizinischen Vorsorge zu handhaben. Liegen Rechtsgrundlagen für eine Eignungsuntersuchung vor, können die jeweils aktuellen Empfehlungen der DGUV für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen auch dafür genutzt werden. Diese arbeitsmedizinischen Empfehlungen geben Anhaltspunkte für die Durchführung von Eignungsbeurteilungen, um Aspekte der gesundheitlichen Eignung von Versicherten in Bezug auf die vorgesehenen Tätigkeiten zu beurteilen.

Da es sich bei Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten grundsätzlich um gefährliche Arbeiten nach § 8 der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ handelt, ist in der Regel eine zweite Person erforderlich. Diese muss mindestens eine Fachkundig unterwiesene Person (FuP) und in Erster Hilfe ausgebildet sein.

Darüber hinaus müssen Beschäftigte zeitnah vor der Ausbildung zur Stufe 3E mindestens einjährige praktische berufliche Erfahrung im KFZ- oder Elektrobereich besitzen. Das ist zum Beispiel durch eine Berufsausbildung in der KFZ-Mechatronik erfüllt.

Beschäftigte mit einer Qualifikation nach Stufe 2E ohne Ausbildung im Bereich KFZ oder Elektrotechnik besitzen nicht zwangsläufig in ausreichendem Maße die für das Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten erforderlichen fundierten theoretischen und praktischen elektrotechnischen Kenntnisse und Fähigkeiten. Daher müssen die vorhandenen Kenntnisse der Beschäftigten überprüft werden, um zu entscheiden, welche weiteren zusätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten als Voraussetzung für die Qualifizierung nach Stufe 3E notwendig sind.

Qualifizierungsinhalte

- Sichere Arbeitsverfahren für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen
- Arten, Aufbau, spezifische Eigenschaften und Gefährdungspotenzial von HV-Energiespeichern
- Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 4.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 24 UE Präsenzschiung (davon mind. 16 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.



Nach erfolgreicher Qualifikation sind die Fachkenntnisse durch regelmäßige Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten!

4.2 Qualifizierung für Arbeiten bei der Erstellung und Inbetriebnahme im Fertigungsprozess

4.2.1 Montage

Bei der Montage werden oft wiederkehrende Arbeiten ausgeführt, die auch durch Fachkundig unterwiesene Personen (FuP) erfolgen können. Die Arbeiten sind gemäß Abschnitt 3.2 zu beurteilen und entsprechende Schutzmaßnahmen sind abzuleiten. Dazu müssen technische Maßnahmen umgesetzt und verbindliche Arbeitsanweisungen erstellt werden. Die fachliche Richtigkeit der standardisierten Arbeitsanweisungen wird von einer Fachkundigen Person Hochvolt (FHV) geprüft. Die verantwortlichen Führungskräfte können die Leitung und Aufsicht der Montage auf der Grundlage dieser standardisierten Arbeitsverfahren übernehmen.

Die Inhalte der Arbeitsanweisungen sind den Beschäftigten durch Einweisung (z. B. im Rahmen der Produktschulung) oder Unterweisung zu vermitteln. Die Beschäftigten müssen die Inhalte verstanden haben.

Für die nachhaltige Integration der standardisierten Arbeitsverfahren in den Produktionsprozess, die Erstellung erforderlicher Dokumentationen und die Kontrolle der Umsetzung sind die jeweiligen Vorgesetzten verantwortlich.

4.2.2 Inbetriebnahme (Finish)

Mit der Inbetriebnahme des HV-Systems durch Einspeisung über die Spannungsquelle erhöht sich das Gefährdungspotenzial. Dadurch können je nach Tätigkeit am Fahrzeug weitere Qualifizierungsmaßnahmen für die Beschäftigten erforderlich werden. Dabei sind besonders folgende Unterscheidungen zu treffen, die unterschiedliche Gefährdungspotenziale berücksichtigen:

4.2.2.1 Batterieinbetriebnahme mit vollständigem Berührungs- und Lichtbogenschutz

Die Inbetriebnahme durch eine Fachkundig unterwiesene Person (FuP) nach standardisierten Arbeitsverfahren (wie bei der Montage beschrieben) ist ausreichend.

4.2.2.2 Batterieinbetriebnahme ohne vollständigen Berührungs- und Lichtbogenschutz

Der Schutz gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen ist nicht ausschließlich mit technischen Mitteln sichergestellt. Diese Arbeiten dürfen nur von Beschäftigten mit einer Qualifikation nach Stufe 3E ausgeführt werden.

4.2.2.3 Nacharbeit ohne Fehler im HV-System

Wenn die Nacharbeit keinen Eingriff in das HV-System erfordert, können diese Arbeiten von einer Fachkundig unterwiesenen Person (FuP) nach standardisierten Arbeitsverfahren (wie bei der Montage beschrieben) ausgeführt werden.

Das schließt auch Arbeiten am konventionellen Bordnetz bis 30V AC und 60V DC ein.

4.2.2.4 Nacharbeit mit Fehler im HV-System

Sind Arbeiten am HV-System notwendig, muss der spannungsfreie Zustand des HV-Systems sichergestellt werden. Diese Arbeiten erfordern Beschäftigte mit einer Qualifikation nach dem Stufenmodell Stufe 2E. Die Festlegungen beinhalten auch Arbeiten am konventionellen Bordnetz bis 30VAC und 60VDC, wenn Komponenten des HV-Systems betroffen sind.

Für die Fehlersuche im HV-System können Arbeiten unter Spannung erforderlich sein. In diesem Falle ist die Qualifikation nach Stufe 3E notwendig.

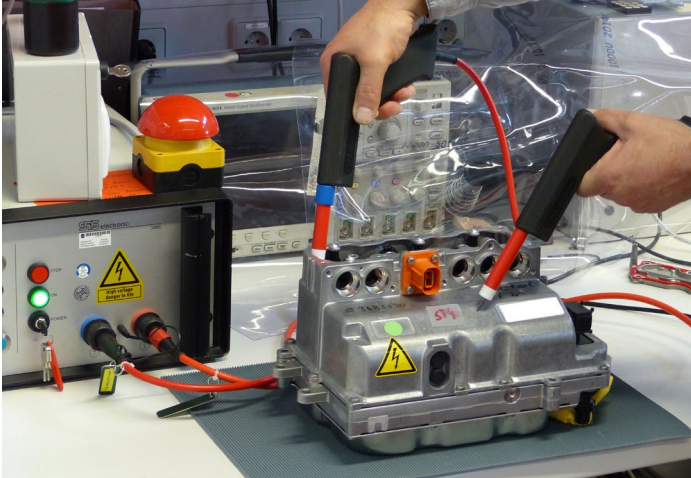


Abb. 11 Spannungsprüfung an einer HV-Komponente

4.2.3 Elektrische Prüfungen

Wenn im Fertigungs-/Montageprozess elektrische Prüfungen durchgeführt werden, z. B. Durchgängigkeit des Schutzpotenzialausgleichs, Isolationsmessungen, Spannungsmessungen, müssen die Vorgaben der DIN EN 50191 (VDE 0104) und der DGUV Information 203-034 „Errichten und Betreiben von elektrischen Prüfanlagen“ berücksichtigt werden. Hinsichtlich der erforderlichen Qualifikation sind außerdem folgende Unterscheidungen zu berücksichtigen:

- Kann der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt werden, müssen Beschäftigte mit der Qualifikation nach Stufe 3E eingesetzt werden.
- Bei Prüfungen mit vollständigem Berührungs- und Lichtbogenschutz ist
 - eine Qualifikation nach Stufe 2E notwendig, wenn das Messergebnis bewertet werden muss.
 - eine Qualifikation nach Stufe 1E notwendig, wenn das Messergebnis nicht bewertet werden muss.

5

Qualifizierung für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit Hochvoltssystemen

5.1 Qualifizierungsstufen

5.1.1 Allgemein

Von den verbauten HV-Komponenten geht bei Serienfahrzeugen unter normalen Bedingungen keine elektrische Gefahr aus. Dennoch ist es nicht ausgeschlossen, dass bei Reparatur- oder Servicearbeiten unter Spannung stehende Teile berührt werden können. Diese Gefährdung ist noch höher, wenn es sich um Unfallfahrzeuge mit HV-Komponenten handelt.

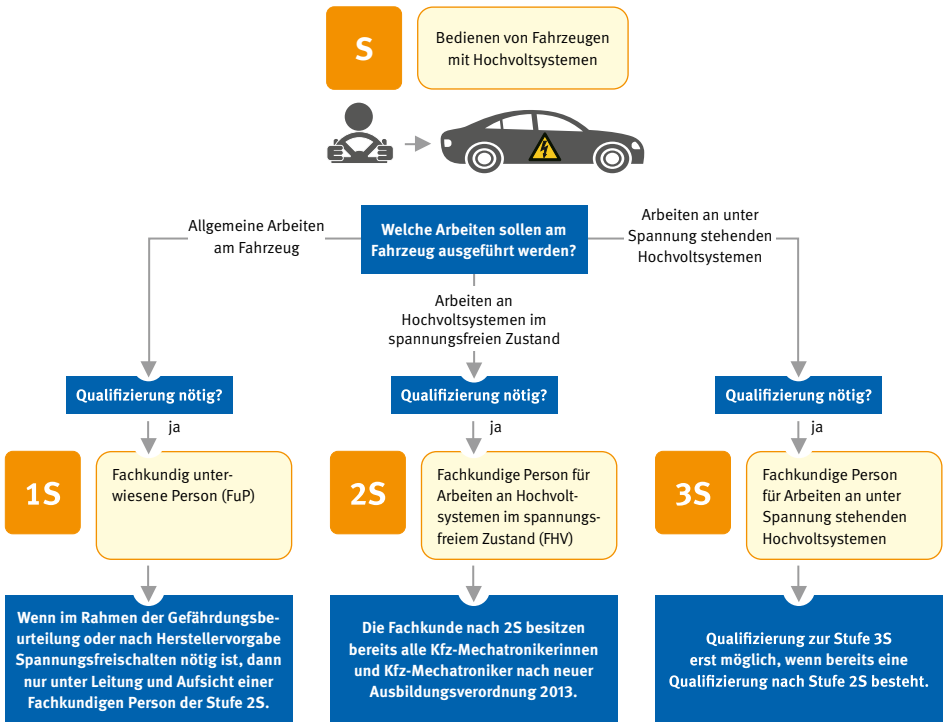


Abb. 12 Klassifizierung für Arbeiten an Serienfahrzeugen im KFZ-Bereich

Unternehmerinnen und Unternehmer oder die von ihnen beauftragten Führungskräfte tragen die Verantwortung für den Arbeitsschutz. Sie müssen sicherstellen, dass für Arbeiten an HV-Komponenten nur fachkundige Personen eingesetzt werden, die die Gefahren an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen richtig beurteilen und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festlegen können (s. Abb. 12: Klassifizierung für Arbeiten an Serienfahrzeugen).

Fachkundige Personen (FHV) können weitere Personen zu den Gefahren von Hochvoltssystemen unterweisen. Diese Unterweisungen sind immer dann durchzuführen, wenn an neuen Fahrzeugtypen oder Fahrzeugen, die mit neuen HV-Systemen oder Komponenten ausgerüstet sind, gearbeitet werden soll. Die Unterweisungen müssen immer von einer fachkundigen Person (FHV) durchgeführt und dokumentiert werden. Die Fachkunde für Arbeiten an Hochvolt-Systemen wird in Abhängigkeit von den zu verrichtenden Tätigkeiten am HV-Fahrzeug in folgende Stufen aufgeteilt:

3S	Fachkundige Person für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten <ul style="list-style-type: none">• Fehlersuche• Bauteile unter Spannung tauschen
2S	Fachkundige Person (FHV) für Arbeiten an HV-Systemen im spannungsfreien Zustand
1S	Fachkundig unterwiesene Person (FuP) <ul style="list-style-type: none">• Allgemeine Arbeiten
S	Sensibilisierte Person <ul style="list-style-type: none">• Bedienen von Fahrzeugen

Abb. 13
Qualifizierungsstufen für Arbeiten an Serienfahrzeugen

5.1.2 Qualifikation **Stufe S**: Sensibilisierte Person

Für das Bedienen von HV-Fahrzeugen ist es ausreichend, die Beschäftigten auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch hinzuweisen und zu den dabei zu beachtenden Besonderheiten zu unterweisen. Zum Bedienen zählen auch Servicearbeiten, deren elektrische Gefährdung mit dem Bedienen durch den Fahrer oder die Fahrerin vergleichbar ist, zum Beispiel:

- Wechseln der Scheibenwischerblätter, Auffüllen von Wischwasser
- Spezielle Verfahren zum Aufrüsten der Fahrzeuge (z. B. Vorbereitung der Fahrzeuge in Verkehrsbetrieben)
- Nutzen bekannter Befüllanschlüsse (z. B. für Motoröl, Kühlwasser)
- Benutzen von Bedienelementen mit neuen Symbolen und Gefahrenkennzeichnungen oder neuen Anschlüssen (z. B. Ladevorrichtung am Fahrzeug)

Zum Bedienen der Fahrzeuge gehört auch die Innen- und Außenreinigung. Allerdings ist bei Reinigungsarbeiten darauf zu achten, dass alle Serviceklappen und Motorhauben geschlossen sind, da sich dahinter HV-Komponenten befinden können, die bei einer Beschädigung eine Gefährdung darstellen. Bei unsachgemäßer Reinigung mit hohem Wasserdruck besteht die Gefahr der Beschädigung von HV-Komponenten. Dabei sind immer die Herstellervorgaben zu beachten.

Bei Unfällen, Beschädigungen und beim Bergen/Abschleppen können zusätzliche Gefährdungen auftreten (→ siehe VDA-Broschüre „Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt- und 48-Volt-Systemen“). Fahrerinnen und Fahrer sind für diese Gefährdungen zu sensibilisieren. Darüber hinaus sind sie in zusätzliche Bedienelemente, wie einen Not-Aus-Schalter am Fahrarbeitsplatz, einzuweisen.

Sensibilisierungen können von der Unternehmerin oder vom Unternehmer oder von einer geeigneten Person, z. B. einer Fachkundig unterwiesenen Person (FuP), durchgeführt werden.

5.1.3 Qualifikation **Stufe 1S**: Fachkundig unterwiesene Person (FuP)

Fachkundig unterwiesene Personen dürfen allgemeine Arbeiten am Fahrzeug, die nicht unmittelbar das HV-System betreffen, durchführen. Dazu zählen zum Beispiel Karosseriearbeiten, Öl- und Radwechsel, Arbeiten an der konventionellen Bremsanlage in der Nähe von Radnabenmotoren, Arbeiten neben den HV-Leitungen an der Lenkung, dem Verbrennungsmotor, den Achsen usw. sowie Arbeiten am konventionellen Bordnetz (bis 30 V AC und 60 V DC). Beschäftigte könnten bei diesen Arbeiten durch Fehlhandlungen oder im Fehlerfall einer elektrischen Gefährdung ausgesetzt sein. Sie müssen zu diesen Gefährdungen, den Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln von Fachkundigen Personen (FHV) unterwiesen werden. Der inhaltliche und zeitliche Umfang der Unterweisung orientiert sich an der Art der durchzuführenden Arbeiten und dem dabei zu erwartenden Gefährdungspotenzial.

Für umfangreichere mechanische Arbeiten, die unter Umständen in der Nähe von HV-Komponenten durchgeführt werden, wie Schweiß-, Bohr- und Schleifarbeiten, ist die Kenntnis der genauen Lage der HV-Komponenten erforderlich. Die unterwiesenen Personen müssen beim Umgang mit Werkzeugen und Hilfsmitteln in der Nähe des HV-Systems auf die möglichen Gefahren hingewiesen werden. Sie müssen mit den Kennzeichnungen der Komponenten vertraut sein. Inhalt der Unterweisung muss auch sein, dass Arbeiten an den HV-Komponenten unzulässig sind. Versehentliches Beschädigen, Knicken oder Quetschen von HV-Leitungen ist der zuständigen Fachkundigen Person zu melden. Ein Nichtbeachten dieser Vorgaben kann zu elektrischem Schlag oder Störlichtbogenbildung führen.

Die Unterweisung muss dokumentiert werden (Beispiel → siehe Anhang 7).

Inhalte dieser Unterweisung müssen unter anderem sein:

- Elektrische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen
- Bedienen von Fahrzeugen und zugehörigen Einrichtungen
- Durchführung allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
- Lage und Kennzeichnung der HV-Komponenten und Leitungen im und am Fahrzeug
- Durchführung aller mechanischen Tätigkeiten am Fahrzeug (aber: „Hände weg von orange!“)
- Außerbetriebnahme des HV-Systems nach Herstellervorgabe als zusätzliche Sicherungsmaßnahme
- Unzulässige Arbeiten am Fahrzeug
- Einstellen der Arbeiten bei Unklarheiten und Information der zuständigen FHV
- Organisationsablauf bei Arbeiten, die unter Leitung und Aufsicht einer FHV durchgeführt werden

Der zeitliche Umfang für die Unterweisung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 2 UE betragen.

5.1.4 Qualifikation Stufe 2S: Fachkundige Person (FHV)

Die erfolgreiche Qualifizierung nach dieser Stufe befähigt die Fachkundigen, an Hochvoltssystemen selbstständig und sicher zu arbeiten. Alle Arbeiten an spannungsfreien HV-Systemen und -Komponenten oder in deren Gefährdungsbereich, z. B. Messen von Isolationswiderständen, Instandsetzen, Auswechseln, Ändern und Prüfen, zählen zu Arbeiten an Hochvoltssystemen im spannungsfreien Zustand.

Für Arbeiten im spannungsfreien Zustand an HV-Systemen ist eine Qualifikation zur Fachkundigen Person (FHV) notwendig. Die FHV muss in der Lage sein, den spannungsfreien Zustand entsprechend den „Fünf Sicherheitsregeln“ und den Herstellerangaben herzustellen.

Arbeiten an HV-Systemen im spannungsfreien Zustand dürfen nur von Fachkundigen Personen (FHV) oder unter Leitung und Aufsicht einer FHV durchgeführt werden!

Der Umfang der Qualifizierung hängt vom Grad der elektrischen Gefährdung und von den Vorkenntnissen des Mitarbeiters oder der Mitarbeiterin ab. Die Fachkenntnisse sind durch Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten.

In den Ausbildungsberufen der Kfz-Branche werden in Abhängigkeit von den jeweils gültigen Rahmenlehrplänen elektrotechnische Grundkenntnisse sowohl im theoretischen als auch im praktischen Teil vermittelt. Darüber hinaus werden das Messen elektrischer Größen und das Arbeiten an elektrischen Aggregaten und Systemen des konventionellen Bordnetzes bis 30 V AC/60 V DC sowohl in der überbetrieblichen als auch in der betrieblichen Ausbildung praktisch vermittelt. Unter anderem vermitteln die Ausbildungen für Mechaniker und Mechanikerinnen für Karosserieinstandhaltungstechnik sowie für Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker und -mechanikerinnen in den Fachrichtungen

- Karosserieinstandhaltungstechnik
- Karosseriebau- und Fahrzeugbautechnik

seit 2002 diese Kenntnisse.

Personen, die die Ausbildung im Bereich Kfz-Mechatronik in den Schwerpunkten

- Personenkraftwagentechnik
- Nutzfahrzeugtechnik
- Motorradtechnik
- Karosserietechnik

nach der Verordnung über die Berufsausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker und zur Kraftfahrzeugmechatronikerin vom 14. Juni 2013 erfolgreich abgeschlossen haben, besitzen die Fachkunde nach Stufe 2S.

Personen, die die Ausbildung im Bereich Karosserie- und Fahrzeugbaumechanik in den Fachrichtungen

- Karosserieinstandhaltungstechnik
- Karosserie- und Fahrzeugbautechnik

nach der Verordnung über die Berufsausbildung zum Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker und zur Karosserie- und Fahrzeugbaumechanikerin (Fahrzeugbaumechanikerausbildungsverordnung – FzMechAusBV) vom 10. Juni 2014 erfolgreich abgeschlossen und eine einwöchige überbetriebliche Ausbildung mit anschließend bestandener Sachkundeprüfung im Bereich „Hochvolttechnik“ haben, sind ebenfalls nach Stufe 2S qualifiziert.

Personen, die eine Ausbildung im Bereich Kfz-Mechatronik in dem Schwerpunkt „System- und Hochvolttechnik“ erfolgreich abgeschlossen haben, besitzen bereits die Qualifikation nach Stufe 3S.



Nach erfolgreicher Qualifikation sind die Fachkenntnisse durch regelmäßige Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten!

Die nachfolgend aufgeführten Qualifizierungsinhalte sind Beispiele und müssen an die konkreten Anforderungen der Tätigkeiten angepasst werden. Das Flussdiagramm im *Anhang 5* hilft bei der Ermittlung des notwendigen Qualifizierungsumfangs.

Einstieg A: Personen ohne elektrotechnische Vorkenntnisse mit technischer Ausbildung

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrotechnische Grundkenntnisse
- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei Arbeiten an HV-Komponenten
- Fach- und Führungsverantwortung
- HV-Konzept und Fahrzeugtechnik
- Allgemeines praktisches Vorgehen
- Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 6.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 80 UE (davon mindestens 8 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren (Beispiel s. Anhang 8).

Einstieg B: Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Fahrzeugbereich, z. B. in der Kfz-Elektrik, -Mechatronik, -Mechanik oder der Land- und Baumaschinenmechatronik

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei Arbeiten an HV-Komponenten

- Fach- und Führungsverantwortung
- HV-Konzept und Fahrzeugtechnik
- Allgemeines praktisches Vorgehen
- Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 6.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 16 UE (davon mindestens 8 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren (Beispiel s. Anhang 8).

Einstieg C: Personen mit theoretischen elektrotechnischen Kenntnissen

Für Personen, die aufgrund ihrer Ausbildung über theoretische elektrotechnische Kenntnisse verfügen, ist die notwendige Qualifizierung individuell zu ermitteln.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten individuell ermittelt werden und mindestens 8 UE Praxis beinhalten. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren (Beispiel s. Anhang 8).

5.1.5 Qualifikation **Stufe 3S**: Fachkundige Person für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen

Mit der Qualifikation für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen kann die Fehlersuche an unter Spannung stehenden HV-Komponenten durchgeführt werden, wenn das Fahrzeug nicht spannungsfrei geschaltet oder die Spannungsfreiheit nicht festgestellt werden kann. Dasselbe gilt für Arbeiten an unter Spannung stehenden Energiespeichern und bei Arbeiten mit entsprechendem Gefährdungspotenzial, z. B. für die Hochspannungsprüfung nach Herstellervorgaben.

Jede Arbeit, bei der Beschäftigte mit Körperteilen oder Gegenständen (Werkzeuge, Geräte, Ausrüstungen oder Vorrichtungen) HV-Komponenten oder Teile berühren können, gilt dann als Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen, wenn der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt ist und eine elektrische Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

Das Feststellen der Spannungsfreiheit gilt nicht als Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen, wenn durch das Arbeitsverfahren und die Arbeitsmittel eine elektrische Gefährdung ausgeschlossen wird.

Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen bedeuten für die Beschäftigten ein Gefährdungspotenzial, das höher ist als das bei Arbeiten im spannungsfreien Zustand. Um diese Arbeiten sicher durchführen zu können, ist eine weitergehende Qualifizierung erforderlich. Zum Erlangen dieser zusätzlichen Qualifikation sind folgende persönlichen Voraussetzungen zu erfüllen.

Vor Beginn der Maßnahme ist nachzuweisen, dass die zu qualifizierende Person

- mindestens eine Qualifikation nach Stufe 2S besitzt,
- mindestens 18 Jahre alt ist und

- eine erfolgreich abgeschlossene Erste-Hilfe-Ausbildung einschließlich Herz-Lungen-Wiederbelebung (9 Unterrichtseinheiten nach DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“) hat.

Zudem muss sichergestellt sein, dass die zu qualifizierende Person keine gesundheitlichen Einschränkungen besitzt (z. B. Implantatträger(in), Epilepsie, ...), die zu Gefährdungen bei der Durchführung von Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten führen können (siehe auch § 7 DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“).

Bei Eignungsbeurteilungen für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten sind durch den Unternehmer oder die Unternehmerin geeignete Rechtsgrundlagen (individual- oder kollektivrechtliche Vereinbarungen) zu beachten (siehe auch DGUV Information 250-010 „Eignungsuntersuchungen in der betrieblichen Praxis“). Die Beurteilungen sind getrennt von der Arbeitsmedizinischen Vorsorge zu handhaben. Liegen Rechtsgrundlagen für eine Eignungsuntersuchung vor, können die jeweils aktuellen Empfehlungen der DGUV für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen auch dafür genutzt werden. Diese arbeitsmedizinischen Empfehlungen geben Anhaltspunkte für die Durchführung von Eignungsbeurteilungen, um Aspekte der gesundheitlichen Eignung von Versicherten in Bezug auf die vorgesehenen Tätigkeiten zu beurteilen.

Da es sich bei Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten grundsätzlich um gefährliche Arbeiten nach § 8 der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ handelt, ist in der Regel eine zweite Person erforderlich. Sie muss mindestens eine Fachkundig unterwiesene Person (FuP) und in Erster Hilfe ausgebildet sein.

Darüber hinaus müssen Beschäftigte zeitnah vor der Ausbildung zur Stufe 3S mindestens einjährige praktische berufliche Erfahrung im KFZ- oder Elektrobereich besitzen. Diese Voraussetzung ist zum Beispiel durch eine Berufsausbildung in der KFZ-Mechatronik erfüllt.

Beschäftigte mit einer Qualifikation nach Stufe 2S ohne Ausbildung im Bereich KFZ oder Elektrotechnik besitzen nicht zwangsläufig in ausreichendem Maße die für das Arbeiten unter Spannung an HV-Komponenten erforderlichen fundierten theoretischen und praktischen elektrotechnischen Kenntnisse und Fähigkeiten. Daher müssen die vorhandenen Kenntnisse der Beschäftigten geprüft werden, um zu entscheiden, welche weiteren zusätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten als Voraussetzung für die Qualifizierung nach Stufe 3S notwendig sind.

Qualifizierungsinhalte:

- Sichere Arbeitsverfahren für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen
- Arten, Aufbau, spezifische Eigenschaften und Gefährdungspotenzial von HV-Energiespeichern
- Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in Anhang 6.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten mindestens 24 UE (davon mindestens 16 UE Praxis) betragen. Dabei ist die Qualifizierungsmaßnahme so zu gestalten, dass alle Teilnehmenden praktische Übungen durchführen müssen.

Die Fachkunde ist mit einer Prüfung nachzuweisen und zu dokumentieren.



Abb. 14 Beispiel für das Absichern des Arbeitsbereichs bei Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten



Nach erfolgreicher Qualifikation sind die Fachkenntnisse durch regelmäßige Teilnahme an Schulungen auf aktuellem Stand zu halten!

5.2 Pannenhilfe

Im Rahmen der Pannenhilfe werden kleinere Schäden an betriebsunfähigen Fahrzeugen vor Ort repariert, um die Fahrbereitschaft der Fahrzeuge möglichst unverzüglich wiederherzustellen. Größere Schäden werden grundsätzlich in der Werkstatt behoben. Dabei muss berücksichtigt werden, ob es sich um allgemeine Arbeiten am Fahrzeug oder um Arbeiten am HV-System des Fahrzeugs handelt.

Für Pannenhilfe an Fahrzeugen mit HV-System ist eine Qualifikation gemäß Abb. 13: Qualifizierungsstufen für Arbeiten an Serienfahrzeugen, mindestens jedoch eine Qualifikation nach Stufe 1S erforderlich.

Beim Abschleppen von Fahrzeugen müssen die Vorgaben des Fahrzeugherstellers berücksichtigt werden. Als zusätzliche Maßnahme kann gegebenenfalls das HV-System des Fahrzeugs durch Betätigen des Service-Disconnects/Not-Aus deaktiviert werden (→ siehe VDA-Broschüre „Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt- und 48-Volt-Systemen“).

Bei Arbeiten mit Kran oder Seilwinde ist darauf zu achten, dass keine HV-Komponenten beschädigt werden. Wird das Fahrzeug an Dritte übergeben, wird empfohlen, über die eingeleiteten Maßnahmen zu informieren und sich darüber eine Bestätigung geben zu lassen.

5.3 Unfallhilfe und Bergen von Fahrzeugen

Die HV-Komponenten sind in den Fahrzeugen gegen Beschädigung bei Unfällen konstruktiv geschützt eingebaut. Trotzdem könnte nach einem Unfall mit Sachschaden Spannung am verunfallten Fahrzeug anliegen. Die Sicherheit der Rettungs- und Unfallhilfskräfte ist in jedem Fall zu gewährleisten. Für Rettungs- und Unfallhilfskräfte existieren Rettungsleitfäden, in denen die erforderlichen fahrzeugspezifischen Informationen enthalten sind, um das HV-System des Fahrzeugs zu deaktivieren.



Wurden durch einen Unfall Airbags und Gurtstraffer ausgelöst, ist das HV-System in der Regel automatisch deaktiviert. Es liegt aber kein Freischalten entsprechend Abschnitt 3.2.2. vor.

Sind Fahrzeuge zum Beispiel durch Fremdeinwirkung so schwer beschädigt, dass eine erhöhte Brandgefahr besteht, hat der Unfallhilfsdienst die Aufgabe, den Gefahrenbereich abzusichern und die Feuerwehr zu alarmieren (→ siehe FB FBH-024 „Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus bei Fahrzeugbränden).

Austretende Stoffe können, je nach Typ des Energiespeichers, gefährliche Stoffeigenschaften aufweisen. Jeder Kontakt ist zu vermeiden. Es ist nicht ausgeschlossen, dass der Energiespeicher auch später noch durch interne Reaktionen in Brand geraten könnte.

Das Bergen stark beschädigter Hochvolt-Fahrzeuge und separierter HV-Energiespeicher muss mit geeigneten Hilfsmitteln und entsprechender persönlicher Schutzausrüstung (Gesichtsschutz, bei Bedarf Atemschutz, Schutzhandschuhe für das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen) erfolgen (→ siehe VDA-Broschüre „Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt- und 48-Volt-Systemen“).

Bei der Übergabe des verunfallten Fahrzeugs an Behördenvertreter und -vertreterinnen sowie Bergeunternehmen wird empfohlen mitzuteilen, welche Maßnahmen bereits ergriffen wurden. Besonders wichtig ist der Hinweis auf eine mögliche Gefährdung durch beschädigte HV-Komponenten.



Für das Rettungs- und Bergpersonal ist mindestens eine Qualifikation zur Fachkundig unterwiesenen Person (FuP) nach Abschnitt 5.1.3 erforderlich. Bei unklaren Situationen oder wenn eine elektrische Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann ist eine Fachkundige Person hinzuzuziehen.

5.4 Verschrotten/Verwerten/Recycling

Beim Verschrotten/Verwerten/Recycling müssen die vom HV-Fahrzeug ausgehenden elektrischen Gefährdungen berücksichtigt werden. Die HV-Fahrzeuge sind dabei nicht immer von außen als solche zu erkennen. Daher müssen die Fahrzeuge vorab auf das Vorhandensein von HV-Komponenten geprüft werden. Die orangefarbenen Leitungen, die Aufkleber mit dem Hinweis auf Hochvolt und Batterien mit der Aufschrift höherer Spannungswerte als die bisher üblichen 12, 24 und 42 Volt sind eindeutige Hinweise auf ein vorhandenes HV-System. Von den verbauten HV-Komponenten geht bei Serienfahrzeugen unter normalen Bedingungen keine elektrische Gefahr aus. Bei zerstörter oder beschädigter Isolierung oder Abdeckung der HV-Komponenten besteht die Gefahr der Störlichtbogenbildung durch Kurzschluss oder des elektrischen Schlags beim Berühren der unter Spannung stehenden Teile.

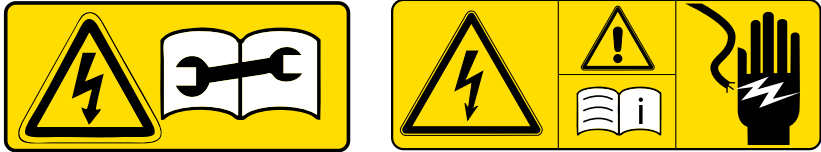


Abb. 15 Beispiele für die Kennzeichnung von HV-Komponenten

Vor dem Verschrotten/Verwerten/Recycling muss das HV-System von einer Fachkundigen Person (FHV) unter Beachtung der konkreten Herstelleranweisungen sicher freigeschaltet (s. Abschnitt 3.2.2), die HV-Komponenten müssen vom Bordnetz getrennt und für den Ausbau vorbereitet werden. Danach sind die elektrischen Energiespeicher (z. B. Batterien, Supercaps u. a.) entsprechend den Herstelleranweisungen auszubauen und fachgerecht zu entsorgen.

Müssen Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten durchgeführt werden (z. B. Zerlegen des Energiespeichers), ist eine Qualifikation nach Stufe 3S erforderlich.

Anhang 1

Mustergefährdungsbeurteilung

Betriebsstätte	Kfz-Servicewerkstatt	Branche:	KFZ-Instandhaltung	
Betriebsbereich:	Instandhaltungsmaßnahmen und Servicearbeiten	Stand:	...	
Arbeitsplatz:	Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvolt-systemen	Blatt-Nr.	...	
Ermittelte Gefährdungen (Beschreibung)		Risiko	Handlungsbedarf	Wirksamkeit
			Wer Bis wann	Wirk-sam ab
Schutzmaßnahme Erstellen einer Betriebsanweisung zum Umgang mit HV-Fahrzeugen auf Basis der Betriebsanleitung des Fahrzeugherstellers Beschäftigte auf Grundlage der erstellten Betriebsanweisung unterweisen. Das Handhaben von Unfallfahrzeugen ist gesondert zu berücksichtigen. ...	Allgemein Fehlverhalten aufgrund von unzureichenden Kenntnissen im Umgang mit HV-Fahrzeugen			
Elektrischer Schlag und Störlichtbogen (an HV-Systemen)	Die Vorgaben des Herstellers sind bei Arbeiten am Fahrzeug zu beachten. Bei nicht elektrotechnischen Arbeiten ist zu prüfen, ob HV-Komponenten im Arbeitsbereich verbaut sind; wenn ja, dann HV-System freischalten. Arbeiten am HV-System nur durch Beschäftigte, die die erforderliche Fachkunde besitzen, oder unter deren Leitung und Aufsicht Kennzeichnung der Fahrzeuge, die mit HV-Komponenten ausgestattet sind, z. B. Schild mit Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung (z. B. W012) Kenntlichmachung der Schaltzustände der HV-Komponenten gemäß der DGUV Information 209-093. Abgrenzung des Arbeitsbereichs bei Arbeiten am HV-System Sichtkontrolle der HV-Komponenten auf äußerlich erkennbare Mängel			

Arbeitsblatt: Gefährdungen und Schutzziele					
		<input type="checkbox"/> Arbeiten am HV System Grundsätzlich nur im spannungsfreien Zustand und Umsetzung der 5 Sicherheitsregeln Anmerkung: Die ersten drei Regeln müssen immer angewandt werden, im Einzelfall ist zu entscheiden, ob die vierte bzw. fünfte Regel anzuwenden ist. <input type="checkbox"/> Zum Feststellen der Spannungsfreiheit sind zweipolige Spannungsprüfer nach DIN EN 61243-3 (VDE 0682-401) zu verwenden. <input type="checkbox"/> Bei der Fehlersuche sind benachbarte unter Spannung stehende Komponenten abzudecken (z. B. mit Abdecktüchern nach DIN EN 61112 (VDE 0682-511)). <input type="checkbox"/> Bei der Auswahl geeigneter PSA gegen Störlichtbögen ist die DGUV Information 203-077 „Thermische Gefährdung durch Störlichtbögen“ zu berücksichtigen. <input type="checkbox"/> ...			
Elektrischer Schlag und Störlichtbogen (bei Arbeiten an Ladeinfrastruktur)		<input type="checkbox"/> Arbeiten an Ladesäulen und vergleichbaren Anlagenteilen sowie der Gebäudeinstallation sind elektrotechnische Arbeiten, die nicht durch eine Fachkundige Person Hochvolt (FHV) durchgeführt werden dürfen. <input type="checkbox"/> ...			
Brand und Verpuffung durch falsche Handhabung		<input type="checkbox"/> Handhabung und Lagerung von Lithium-Ionen-Batterien nach Herstellerangaben und in Übereinstimmung mit einschlägigen Brandschutzbestimmungen <input type="checkbox"/> Sicherer Abstellplatz für Unfallfahrzeuge mit unklarem Batteriezustand <input type="checkbox"/> Erstellung eines Handhabungskonzepts für einzelne Batterien mit unklarem Zustand <input type="checkbox"/> ...			

©BGHM

Beurteilen Sie das Risiko mit den Schutzmaßnahmen, die zum Zeitpunkt der Beurteilung wirksam sind. Einstufung gem. Gefährdungsmatrix in „klein“, „Symbol Smiley grün“ (Stufe 1), „mittel“, „Symbol Smiley gelb“ (Stufe 2) und „groß“, „Symbol Smiley rot“ (Stufe 3/ Stufe 4)
 Stand: 05.11.2019

Arbeitsblatt: Gefährdungen und Schutzziele				

Mitteltende Unterlagen: Betriebsanweisung Bedienungsanleitung Wo befinden sich diese Unterlagen: _____

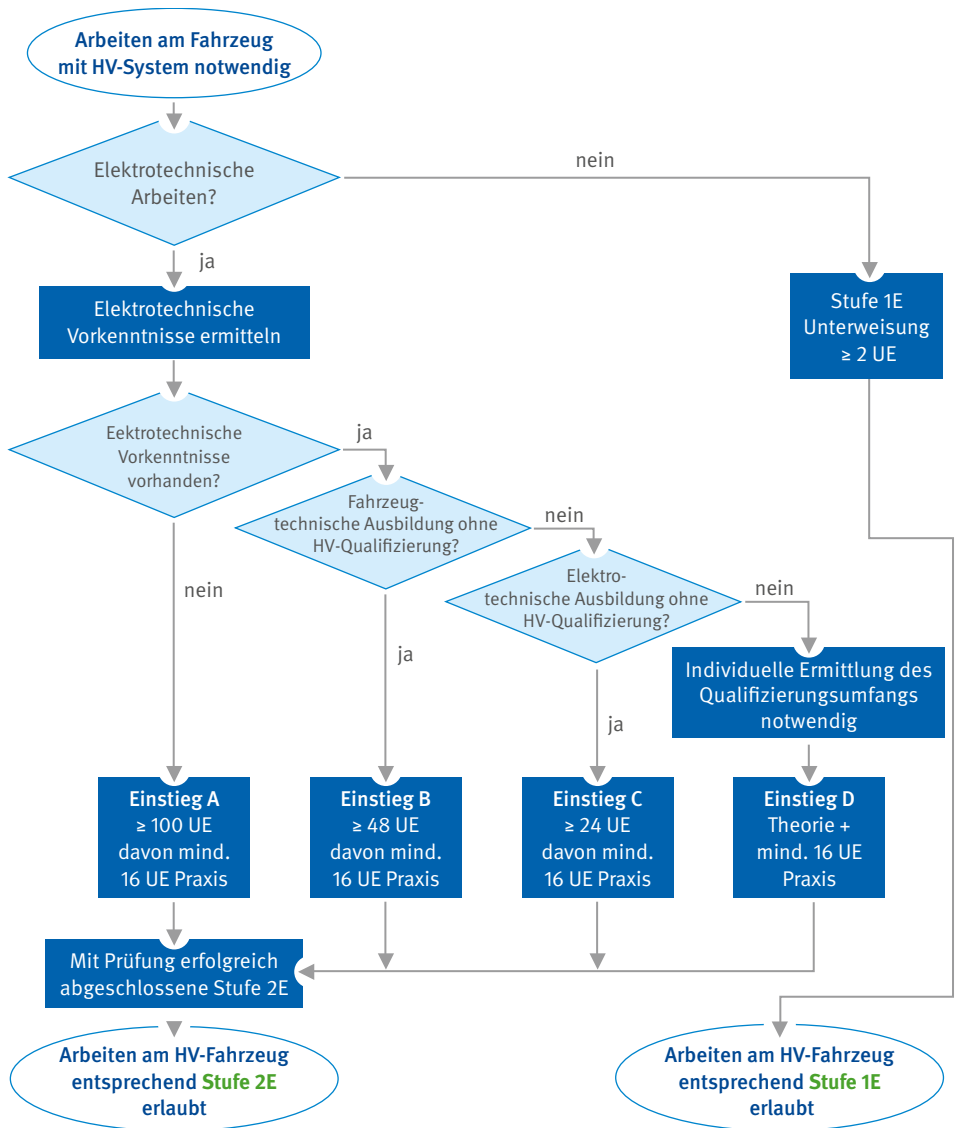
©BGHM

Beurteilen Sie das Risiko mit den Schutzmaßnahmen, die zum Zeitpunkt der Beurteilung wirksam sind. Einstufung gem. Gefährdungsmatrix in „klein“, „Symbol Smiley grün“ (Stufe 1), „mittel“, „Symbol Smiley gelb“ (Stufe 2) und „groß“, „Symbol Smiley rot“ (Stufe 3 / Stufe 4)

Stand: 05.11.2019

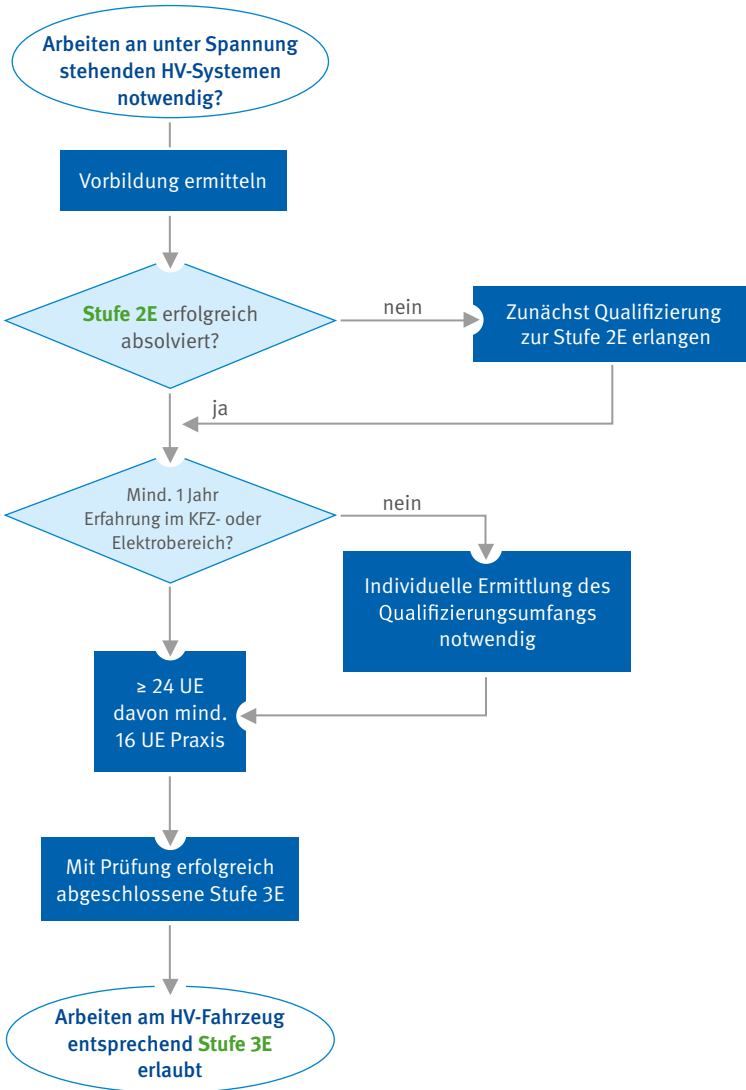
Anhang 2

Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten vor SoP, die **Stufe 1E/2E** erfordern



Anhang 3

Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten vor SoP, die **Stufe 3E** erfordern



Anhang 4

Qualifizierungsinhalte für Arbeiten an Hochvolt-systemen in Entwicklung und Fertigung

Die nachfolgend aufgeführten Inhalte sind beispielhaft und spiegeln den derzeitigen Stand der im Fahrzeug eingesetzten HV-Technik wider. Je nach auszuführenden Arbeiten kann auf nichtzutreffende Inhalte verzichtet werden. Gegebenenfalls sind sie durch andere relevante Themen zu ergänzen.

Elektrotechnische Grundkenntnisse

- elektrische Spannung
- elektrischer Strom
- Gleichspannung, Wechselspannung, Drehstrom
- Rechnen mit Zehnerpotenzen
- Spannungsquellen
- elektrischer Widerstand
 - Ohmsches Gesetz
 - Reihenschaltung
 - Parallelschaltung
- elektrische Leistung
- Arten der Spannungserzeugung
- Spannungsquellen
 - Brennstoffzelle, Supercaps, Batterien (Lithium-Ionen, Nickel-Metallhydrid)
- Spule
- Elektromotor
- Drehstromasynchronmotor/Drehstromsynchronmotor
- Drehstromgenerator
- Transformator
- Halbleiter, Dioden, Transistoren
- Aufbau Relais
- Kondensatoren
- Glätten der Mischspannung mit Hilfe eines Kondensators
- Messgeräte, Messverfahren und Messmethoden
 - digitale Messgeräte
 - Messen von Strom, Spannung und Widerstand
 - Messfehler
 - Fehlersuche am Fahrzeug
 - Diagnose

- Das Ablesen und Umsetzen von Messergebnissen wird geübt, damit Messanzeigen korrekt zugeordnet bzw. interpretiert werden können.
- Messen von U/R/I, Umgang mit Volt-/Amperemeter und Elektronik Boards
- U/I-Diagramme erstellen/interpretieren zur Vorbereitung des Fachmoduls
- Abschätzen (über Verhältnisse) und Berechnen von Spannungen und Widerständen an Reihen- und Parallelschaltungen
- In Schaltungen Potenziale, Spannungsfälle und Ströme bestimmen
- Elektrische Leistung und elektrischer Wirkungsgrad
- Lesen von Schaltplänen, Verfolgen von Strompfaden

Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe

- Auswirkungen auf den Menschen
- Reizschwellen
- Loslassschwelle
- Herzkammerflimmern
- Verbrennungen
- Einwirkungsdauer des Stroms auf den Körper
- Widerstand des menschlichen Körpers
- gefährliche Körperströme
- maximale Berührungsspannung
- Allgemeines zur Ersten Hilfe, Verhalten im Brandfall
- Unfälle durch den elektrischen Strom
- Maßnahmen bei Verletzungen
- Erste Hilfe bei Verletzungen durch elektrischen Strom
- Aufzeichnung der Erste-Hilfe-Leistungen
- Unfallmeldung

Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen

- Einteilung der Schutzmaßnahmen und wichtige Begriffe
- Schutz gegen direktes Berühren
 - Schutz durch Isolierung aktiver Teile
 - Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung
- Schutz gegen direktes Berühren und bei indirektem Berühren (Kleinspannung)

- Schutz bei indirektem Berühren (Schutz gegen gefährliche Körperströme im Fehlerfall)
 - Schutzisolierung
 - Schutztrennung
 - Schutz durch Abschaltung
 - Schutzeinrichtung
 - Netzsysteme
 - Schutzmaßnahmen im IT-System
- Aufgabe des Schutzpotenzialausgleichs
- Schutzmaßnahmen
 - Überstromschutzeinrichtungen
 - RCD (FI-Schutzschalter) im Rahmen der Ladeinfrastruktur
- Prüfungen in Anlehnung an DIN VDE 0100-600
 - Sichtkontrolle
 - Isolationswiderstandsmessungen
 - Funktionsprüfung
- Organisation und Dokumentation der Prüfungen

Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei Arbeiten an HV-Komponenten

- Arbeitsschutzsystem
- Internationale Rechtsetzung (UNECE R100)
- Nationale Rechtsetzung (Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung mit TRBS)
- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“, DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- Regeln der Technik (DIN, EN, ISO, VDE, weitere Normen (z. B. DIN VDE 0105-100))
- Gefährdungsbeurteilung und Gefährdungsanalyse
- Maßnahmen zur Unfallverhütung: Die fünf Sicherheitsregeln
- Instandhaltung, Inbetriebnahme, Wartung und Service
- Sicherheit durch persönliche Schutzausrüstung und Hilfsmittel
- Hinweisende Sicherheitstechnik, Warnschilder

Fach- und Führungsverantwortung

- Delegationsverantwortung der Führungskräfte
- Verantwortung der Fachkundigen Person (FHV)
- Rechtliche Konsequenzen

Qualifikationen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik vs. Hochvolttechnik

- Wer darf welche Arbeiten ausführen?
- Abgrenzung Hochvolttechnik zu elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln
- Unterweisung von elektrotechnischen Laien, Einsatz von Arbeitskräften

Einsatz von HV-Systemen in Fahrzeugen

- Einführung in das Thema „Hochvoltssysteme“
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise von
 - Brennstoffzellenfahrzeugen
 - Hybridantrieben
 - Elektrofahrzeugen
- HV-Komponenten: z. B. Brennstoffzellen, HV-Batterien und -Akkumulatoren, Leistungselektronik, DC/DC-Wandler, Drehstrom-, Synchron- und Asynchronmaschinen, sonstige sicherheitskritische Komponenten
- Anforderungen der UNECE R100
- Federal Motor Vehicle Safety Standard 305 (FMVSS 305)
- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach ISO 6469-3 und DIN EN 61140 (VDE 0140-1)
- Berechnen von Körperströmen bei Isolationsfehlern und deren Gefahren
- Gefährdungsbeurteilung Hochvoltssysteme
- Schutzklassen/-arten
- Spannungsfreiheit am Hochvoltssystem herstellen
- Messungen am HV-System
- Tausch von Komponenten
- Inbetriebnahme mit Bestimmung des R_{ISO} des HV-Systems mit/ohne Fehler am HV-System
- Messungen (Spannungsfall und Potenzial) an hochohmigen Kreisen am konventionellen Fahrzeug unter Berücksichtigung des R_i der Messmittel

- Messübungen am Hochvolt-Fahrzeug: Lage der Komponenten, Stecken und Ziehen des Wartungssteckers (Service Disconnect), Überprüfung der Potenzialfreiheit (Isolation), Messungen HV+ gegen HV- und gegen Karosserie
- Kennzeichnungen nach Fahrzeugnormen/DIN VDE-Normen/DGUV Vorschriften
- Leitungen und Kabel:
 - Aderaufbau, Ader- und Mantelisolierung
 - Aderkennzeichnung
 - fachgerechte elektrische Verbindungen
 - Zurichten von fein- und feinstdrähtigen Leitungen

Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen

Sichere Arbeitsverfahren für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen (Stufe 3E)

- Befähigung der Beschäftigten
- Organisation der Arbeiten (z. B. Aufsicht, Beauftragung, Arbeitsfreigabe, ...)
- Werkzeuge und einzusetzende Schutz-, Prüf- und Hilfsmittel (z. B. PSA)
- Absichern der Arbeitsbereiche
- Kennzeichnung des HV-Systems

Arten, Aufbau, spezifische Eigenschaften und Gefährdungspotenzial von HV-Energiespeichern (Stufe 3E)

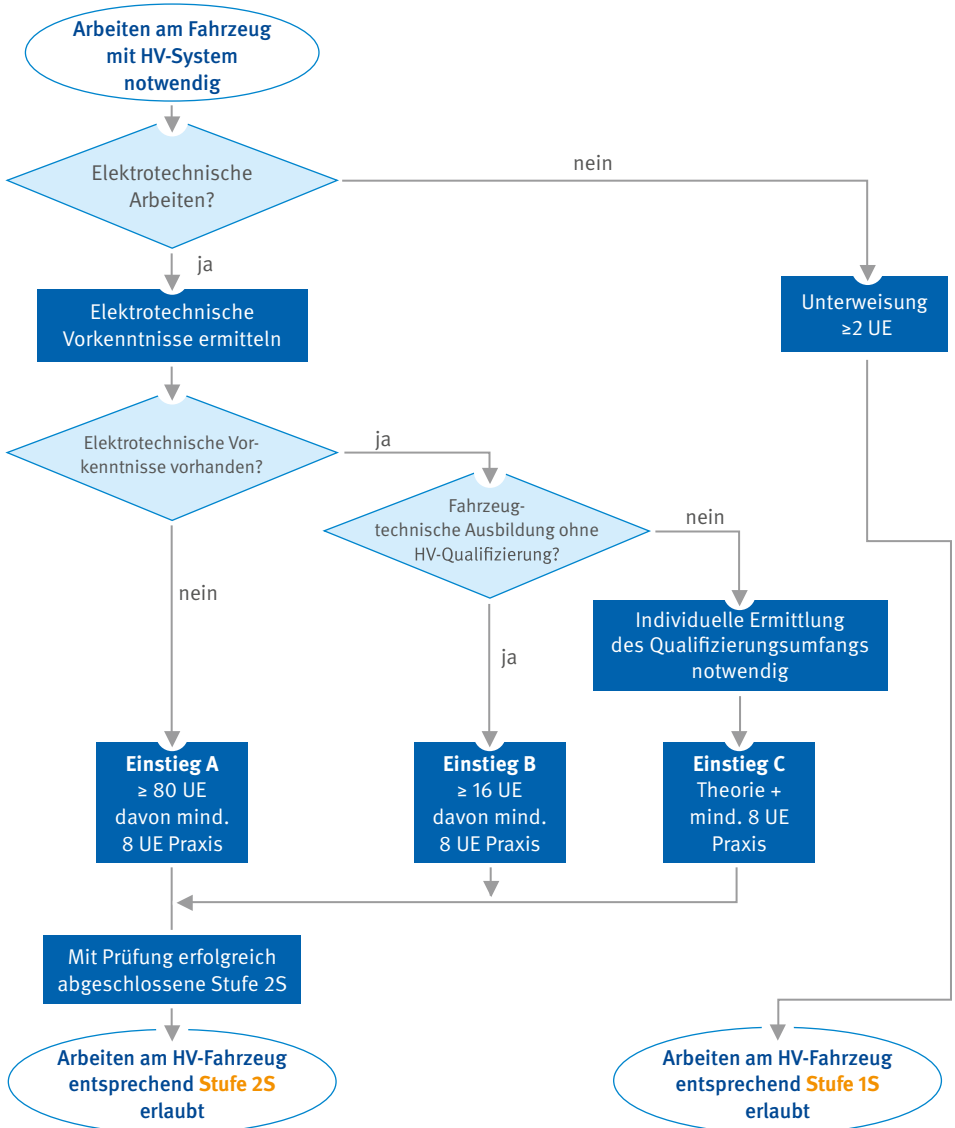
- Arten von HV-Energiespeichern (z. B. Li-Ion, Supercaps, ...)
- Aufbau von HV-Energiespeichern (z. B. Zellstruktur, Energieträger, Kühlung, ...)
- Gefährdungen durch elektrische Energie
- Spezifische nicht elektrische Gefährdungen, z. B. chemische Gefährdungen, Brand- und Explosionsgefahren, Absturzgefahren

Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten (Stufe 3E)

- Praktische Anwendung der Diagnose- und Messgeräte, Anwendung verschiedener Messverfahren (z. B. Spannungsmessung, Fehlersuche an unter Spannung stehenden HV-Komponenten)
- Zellentausch/Komponententausch im HV-Energiespeicher

Anhang 5

Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Servicearbeiten, die **Stufe 1S/2S** erfordern



Anhang 6

Qualifizierungsinhalte: Fachkundige Personen für Arbeiten an Serienfahrzeugen mit HV-Systemen (FHV)

Die nachfolgend aufgeführten Inhalte sind beispielhaft und spiegeln den derzeitigen Stand der im Fahrzeug eingesetzten HV-Technik wider. Je nach auszuführenden Arbeiten kann auf nichtzutreffende Inhalte verzichtet werden. Gegebenenfalls sind sie durch andere relevante Themen zu ergänzen.

Elektrotechnische Grundkenntnisse

- elektrische Spannung
- elektrischer Strom
- Gleichspannung, Wechselspannung, Drehstrom
- Rechnen mit Zehnerpotenzen
- Spannungsquellen
- elektrischer Widerstand
 - Ohmsches Gesetz
 - Reihenschaltung
 - Parallelschaltung
- elektrische Leistung
- Arten der Spannungserzeugung
- Spannungsquellen
 - Brennstoffzelle, Supercaps, Batterien (Lithium-Ionen, Nickel-Metallhydrid)
- Spule
- Elektromotor
- Drehstromasynchronmotor/Drehstromsynchronmotor
- Drehstromgenerator
- Transformator
- Halbleiter, Dioden, Transistoren
- Aufbau Relais
- Kondensatoren
- Glätten der Mischspannung mit Hilfe eines Kondensators
- Messgeräte, Messverfahren und Messmethoden
 - Messen von Strom, Spannung und Widerstand
 - Messfehler
 - Fehlersuche am Fahrzeug
 - Diagnose

- Das Ablesen und Umsetzen von Messergebnissen wird geübt, damit Messanzeigen korrekt zugeordnet bzw. interpretiert werden können.
- Messen von U/R/I, Umgang mit Volt-/Amperemeter und Elektronik Boards
- U/I-Diagramme erstellen/interpretieren zur Vorbereitung des Fachmoduls
- Abschätzen (über Verhältnisse) und Berechnen von Spannungen und Widerständen an Reihen- und Parallelschaltungen
- In Schaltungen Potenziale, Spannungsfälle und Ströme bestimmen
- Elektrische Leistung und elektrischer Wirkungsgrad
- Lesen von Schaltplänen, Verfolgen von Strompfaden

Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe

- Auswirkungen auf den Menschen
- Reizschwellen
- Loslassschwelle
- Herzkammerflimmern
- Verbrennungen
- Einwirkungsdauer des Stroms auf den Körper
- Widerstand des menschlichen Körpers
- gefährliche Körperströme
- maximale Berührungsspannung
- Allgemeines zur Ersten Hilfe, Verhalten im Brandfall
- Unfälle durch elektrischen Strom
- Maßnahmen bei Verletzungen
- Erste Hilfe bei Verletzungen durch elektrischen Strom
- Aufzeichnung der Erste-Hilfe-Leistungen
- Unfallmeldung

Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen

- Einteilung der Schutzmaßnahmen und wichtige Begriffe
- Schutz gegen direktes Berühren
 - Schutz durch Isolierung aktiver Teile
 - Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung
- Schutz gegen direktes Berühren und bei indirektem Berühren (Kleinspannung)

- Schutz bei indirektem Berühren (Schutz gegen gefährliche Körperströme im Fehlerfall)
 - Schutzisolierung
 - Schutztrennung
 - Schutz durch Abschaltung
 - Schutzeinrichtung
 - Netzsysteme
 - Schutzmaßnahmen im IT-System
- Aufgabe des Schutzpotenzialausgleichs
- Schutzmaßnahmen
- Überprüfung des Isolationsvermögens, z. B. durch Prüfung über On-Board-Systeme oder Diagnosesysteme
- Sicht- und Funktionsprüfung
- Organisation und Dokumentation der Prüfungen

Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei Arbeiten an HV-Komponenten

- Arbeitsschutzsystem
- Internationale Rechtsetzung (UNECE R100)
- Nationale Rechtsetzung (Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung mit TRBS)
- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“,
DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- Regeln der Technik (DIN, EN, ISO, VDE, weitere Normen (z. B. DIN VDE 0105-100))
- Gefährdungsbeurteilung und Gefährdungsanalyse
- Maßnahmen zur Unfallverhütung: Die fünf Sicherheitsregeln
- Instandhaltung, Inbetriebnahme, Wartung und Service
- Sicherheit durch persönliche Schutzausrüstung und Hilfsmittel
- Hinweisende Sicherheitstechnik, Warnschilder

Fach- und Führungsverantwortung

- Delegationsverantwortung der Führungskräfte
- Verantwortung der Fachkundigen Person (FHV)
- rechtliche Konsequenzen

HV-Konzept und Fahrzeugtechnik

- Einführung in das Thema „Hochvoltssysteme“
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise
- Definition Hochvoltssystem
- HV-Energiespeicher, Leistungselektronik, DC/DC-Wandler, sonstige HV-Komponenten
- Brennstoffzellenfahrzeuge
- Hybridantriebe
- Elektrofahrzeuge

Allgemeines praktisches Vorgehen

- Spannungsfreiheit am Hochvoltssystem Hybrid-Fahrzeug herstellen
- Messungen am HV-System
- Tausch von eingebauten Komponenten
- Inbetriebnahme mit Bestimmung des R_{ISO} des HV-Systems mit/ohne Fehler am HV-System
- Messungen (Spannungsfall und Potenzial) an hochohmigen Kreisen am konventionellen Fahrzeug unter Berücksichtigung des R_i der Messmittel

Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen**Sichere Arbeitsverfahren für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Systemen (Stufe 3S)**

- Befähigung der Beschäftigten
- Organisation der Arbeiten (z. B. Aufsicht, Beauftragung, Arbeitsfreigabe, ...)
- Werkzeuge und einzusetzende Schutz-, Prüf- und Hilfsmittel (z. B. PSA)
- Absichern der Arbeitsbereiche
- Kennzeichnung des HV-Systems

Arten, Aufbau, spezifische Eigenschaften und Gefährdungspotenzial von HV-Energiespeichern (Stufe 3S)

- Arten von HV-Energiespeichern (z. B. Li-Ion, Supercaps, ...)
- Aufbau von HV-Energiespeichern (z. B. Zellstruktur, Energieträger, Kühlung, ...)
- Gefährdungen durch elektrische Energie
- Spezifische nicht elektrische Gefährdungen, z. B. chemische Gefährdungen, Brand- und Explosionsgefahren, Absturzgefahren

Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten (Stufe 3S)

- Praktische Anwendung der Diagnose- und Messgeräte, Anwendung verschiedener Messverfahren (z. B. Spannungsmessung, Fehlersuche an unter Spannung stehenden HV-Komponenten)
- Zellentausch/Komponententausch im HV-Energiespeicher

Anhang 7

Musterbescheinigung: Fachkundig unterwiesene Person (FuP) **Stufe 1S**

Teilnahmebescheinigung

Herr Martin Muster

Autohaus für E-Mobilität, Mustergasse 17, 77777 Musterstadt

hat am XX.XX.XXXX an folgender Unterweisung mit einem Umfang vonUE* teilgenommen:

Fachkundig unterwiesene Person (FuP) Stufe 1S

Der Teilnehmer wurde durch eine Fachkundige Person Hochvolt (FHV) zu möglichen Gefahren sowie den notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an HV-Fahrzeugen unterwiesen.

Diese Unterweisung entbindet den Unternehmer/die Unternehmerin nicht von der Pflicht der wiederkehrenden Unterweisung nach § 4 DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“.

Unterweisungsinhalte nach DGUV Information 209-093:

- Elektrische Gefährdungen und Schutzmaßnahmen
- Bedienen von Fahrzeugen und zugehörigen Einrichtungen
- Durchführung allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
- Lage und Kennzeichnung der HV-Komponenten und Leitungen im und am Fahrzeug
- Durchführung aller mechanischen Tätigkeiten am Fahrzeug (aber: „Hände weg von orange!“)
- Außerbetriebnahme des HV-Systems nach Herstellervorgabe als zusätzliche Sicherungsmaßnahme
- Unzulässige Arbeiten am Fahrzeug
- Einstellen der Arbeiten bei Unklarheiten und Information der zuständigen FHV
- Organisationsablauf bei Arbeiten, die unter Leitung und Aufsicht einer FHV durchgeführt werden
- ...

Unternehmen: _____

Ort

Datum

Unterweisende FHV

*Unterrichtseinheit (entspricht 45 Minuten)

Anhang 8

Musterzertifikat: Fachkundige Person Hochvolt (FHV) Stufe 2S

Zertifikat 2S

Frau Martina Muster

Autohaus für E-Mobilität, Mustergasse 17, 77777 Musterstadt
hat vom XX.XX.20XX bis YY.YY.20YY am Lehrgang

Fachkundige Person Hochvolt (FHV) Stufe 2S

teilgenommen und die Prüfung mit Erfolg abgelegt.

Als Eingangsvoraussetzung für eine erfolgreiche Teilnahme besitzt die Teilnehmerin durch ihre Aus- und Weiterbildung im Fahrzeugbereich umfangreiche elektrotechnische Grundkenntnisse, die sie in einem Vortest nachgewiesen hat.

Lehrgangsinhalte (können auch auf der Rückseite angeordnet werden):	UE*
Fach- und Führungsverantwortung	
Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe	
Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen	
Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten	
HV-Konzept und Fahrzeugtechnik	

Praktische Übungen: <ul style="list-style-type: none">• Freischaltprozess am Fahrzeug durchführen. Hier die konkreten HV-Systeme eintragen, auf die praktisch geschult wurde.• Diagnose- und Messgeräte, sowie deren praktische Anwendung für verschiedene Messverfahren (z. B. Isolationsmessung, Potenzialausgleichsmessung)• ...	
Gesamtumfang der Qualifizierung	<u>XX</u>

Die Qualifizierung befähigt die Teilnehmerin, selbstständig an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen gefahrungsfrei zu arbeiten. Zu diesen Arbeiten zählen u. a. Umsetzen der fünf Sicherheitsregeln, Wechseln von HV-Komponenten wie Klimaanlage und Ölpumpen in spannungslosem Zustand, Fehlersuche an berührsicher ausgeführten HV-Komponenten inklusive des Einsatzes berührsicherer Prüfadapter. Sie ist in der Lage, die übertragenen Arbeiten zu beurteilen, mögliche Gefahren zu erkennen und die für das HV-System notwendigen Schutzmaßnahmen umzusetzen. Diese Qualifizierungsmaßnahme erfüllt die Mindestanforderungen der DGUV Information 209-093.

Ausbildungsträger/in:

_____, den _____

Lehrgangsführung

*Unterrichtseinheit (entspricht 45 Minuten)

Literaturverzeichnis

1. Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle:

Buchhandel und Internet:

z. B. www.gesetze-im-internet.de

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

2. Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen

DGUV Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“

DGUV Regeln

- DGUV Regel 109-009 „Fahrzeug-Instandhaltung“

DGUV Informationen

- DGUV Information 203-002 „Elektrofachkräfte“
- DGUV Information 203-034
„Errichten und Betreiben von elektrischen Prüfanlagen“
- DGUV Information 203-077 „Thermische Gefährdung durch Störlichtbögen“
- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“

Fachbereich AKTUELL

- „Gasantriebsysteme in Fahrzeugen – Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieb“ (FBHM-099)
- „Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus bei Fahrzeugbränden“ (FBFBH-024)

3. Normen/VDE-Bestimmungen

Bezugsquelle:

*Beuth-Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin bzw.
VDE-Verlag,
Bismarckstraße 33, 10625 Berlin*

- **DIN EN 50191 (VDE 0104): 2011-10**
„Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen“
- **DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1): 2019-06**
„Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen
Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- **DIN EN 60529 (VDE 0470-1): 2014-09**
„Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)“
- **DIN EN 61112 (VDE 0682-511): 2010-03**
„Arbeiten unter Spannung – Elektrisch isolierende Abdecktücher“
- **DIN EN 61140 (VDE 0140-1): 2016-11**
„Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel“
- **DIN EN 61243-3 (VDE 0682-401): 2015-08**
„Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer
Teil 3: Zweipoliger Spannungsprüfer für Niederspannungsnetze“
- **DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100): 2015-10**
„Betrieb von elektrischen Anlagen
Teil 100: Allgemeine Festlegungen“

- **DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600): 2017-06**
„Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 6: Prüfungen“
- **DIN VDE 1000-10 (VDE 1000-10): 2019-12**
„Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“
- **ISO 6469-3:2018-10**
“Electrically propelled road vehicles – Safety specifications
Part 3: Electrical safety“

4. Literatur

- **Regelung Nr. 100 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE)**
„Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der besonderen Anforderungen an den Elektroantrieb“
- **Motor Vehicle Safety Standard 305 (FMVSS No. 305)**
“Electric-Powered Vehicles: Electrolyte Spillage and Electrical Shock Protection”,
National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of
Transportation
- **Broschüre des Verbandes der Automobilindustrie (VDA)**
„Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt- und 48-Volt-Systemen“

BG Verkehr

Ottenser Hauptstraße 54
22765 Hamburg
Tel.: +49 40 3980-0
Fax: +49 40 3980-1999
E-Mail: praevention@bg-verkehr.de
Internet: www.bg-verkehr.de



Zentralverband Deutsches
Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK)

