

8686

BGI/GUV-I 8686

Information

Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen



Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung (DGUV)

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ im Fachausschuss „Elektrotechnik“ der DGUV

Sachgebiet „Fahrzeuginstandhaltung“ im Fachausschuss „Metall und Oberflächenbehandlung“ der DGUV

unter Einbeziehung der deutschen Automobilhersteller und des Zentralverbandes Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e. V. sowie der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Ausgabe Juni 2010

BGI/GUV-I 8686 zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger.
Die Adressen finden Sie unter www.dguv.de

Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	6
I. Begriffsbestimmungen	7
II. Elektrische Gefährdungen durch Hochvolt im Fahrzeug	9
1. Elektrotechnische Arbeiten an Hochvolt-Systemen von Fahrzeugen	9
2. Verantwortung	12
3. Gefährdungsbeurteilung	18
III. Qualifizierung für Arbeiten in Entwicklung und Fertigung	22
1. Qualifizierungsstufen für Arbeiten vor Produktionsstart	22
2. Qualifizierung für Arbeiten bei der Erstellung und Inbetriebnahme im Fertigungsprozess	32
IV. Qualifizierung für Arbeiten an Serienfahrzeugen	34
1. Bedienen von Fahrzeugen	34
2. Qualifizierungen für die Durchführung nicht-elektrotechnischer Arbeiten	34
3. Qualifizierungen für die Durchführung elektrotechnischer Arbeiten	35
4. Verschrotten	38
Anhang 1: Mustergefährdungsbeurteilung	39
Anhang 2: Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten in der Entwicklung (spannungsfrei)	40
Anhang 3: Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten in der Entwicklung (unter Spannung)	41
Anhang 4: Qualifikation für elektrotechnische Laien mit technischer Ausbildung	42

Anhang 5:	
Qualifikation für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich	47
Anhang 6:	
Qualifikation für Elektrofachkräfte im Niederspannungsbereich.....	51
Anhang 7:	
Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Servicearbeiten.....	53
Anhang 8:	
Qualifikation für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich für Arbeiten an HV-eigensicheren Kraftfahrzeugen in Servicewerkstätten	54
Anhang 9:	
Vorschriften, Regeln, Literatur.....	57
Autoren:	58
Abbildungsverzeichnis:	58

Vorwort

Der zunehmende Einsatz von Spannungen oberhalb von 25 V AC und 60 V DC in der Fahrzeugtechnik durch Brennstoffzelle, Hybridtechnik, Elektrofahrzeuge führt zu einer elektrischen Gefährdung durch Körperdurchströmung und Lichtbogen bei Arbeiten an Fahrzeugen. Dadurch ergibt sich für den Unternehmer die Verantwortung, seine Mitarbeiter so weiterzubilden, dass sie in der Lage sind, anfallende elektrotechnische Arbeiten zu beurteilen, mögliche Gefährdungen zu erkennen und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten.

Diese Informationsschrift enthält für den Unternehmer/Vorgesetzten Hinweise, wie auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung (Mustergefährdungsbeurteilung im **Anhang 1**) die elektrischen Gefährdungen ermittelt werden (roter Reiter) und der notwendige Qualifizierungsbedarf für Arbeiten in

- Forschung und Entwicklung (grüner Reiter)
- und Servicewerkstätten (gelber Reiter)

bestimmt werden kann.

Eine Ergänzung für Arbeiten an Nutzfahrzeugen in Servicewerkstätten ist in Vorbereitung.

I. Begriffsbestimmungen

1. Elektrofachkraft

ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Normen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

2. Verantwortliche Elektrofachkraft

ist, wer als Elektrofachkraft die Fach- und Aufsichtsverantwortung übernimmt und vom Unternehmer dafür beauftragt ist. Das heißt, die verantwortliche Elektrofachkraft ist im zugewiesenen elektrotechnischen Tätigkeitsfeld weisungsbefugt.

3. Leitung und Aufsicht

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

4. Elektrotechnisch unterwiesene Person

ist, wer durch eine Elektrofachkraft über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen unterwiesen wurde.

5. Betrieb elektrischer Anlagen

umfasst alle Tätigkeiten, die erforderlich sind, damit eine elektrische Anlage funktionieren kann, z. B. Schalten, Regeln, Überwachen, Instandhalten – einschließlich Prüfen und Warten – sowie elektrotechnische und nicht elektrotechnische Arbeiten.

6. Bedienen

ist Teil des Betriebes und umfasst das Beobachten, Steuern, Regeln und Schalten der elektrischen Einrichtung.

7. Arbeiten

ist jede Form elektrotechnischer oder nicht-elektrotechnischer Tätigkeiten, bei der die Möglichkeit einer elektrischen Gefährdung besteht.

8. Elektrotechnische Arbeiten

sind Arbeiten an, mit oder im Gefährdungsbereich elektrischer Anlagen, z. B. Erproben

und Messen, Instandsetzen, Auswechseln, Ändern, Erweitern, Errichten und Prüfen.

9. Hochvolt (HV)

sind Spannungen oberhalb von 25 V AC oder 60 V DC im Fahrzeugbereich, insbesondere bei Hybrid- und Brennstoffzellentechnologie sowie Elektrofahrzeugen.

10. Elektrische Gefährdung

bei Arbeiten am HV-System liegt vor, wenn die Spannung zwischen den aktiven Teilen größer als 25 V AC oder 60 V DC ist und der Kurzschlussstrom an der Arbeitsstelle den Wert von 3 mA AC oder 12 mA DC übersteigt oder die Energie mehr als 350 mJ beträgt.

11. Arbeiten unter Spannung am HV-System

im Sinne dieser Information ist jede Arbeit am HV-System eines Fahrzeuges, bei der ein Mitarbeiter mit Körperteilen oder Gegenständen (Werkzeuge, Geräte, Ausrüstungen oder Vorrichtungen) unter Spannung stehende Teile berührt, oder sind Arbeiten, bei denen der spannungsfreie Zustand nicht sichergestellt ist.

12. HV-eigensicheres Fahrzeug

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

13. SoP (Start of Production)

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

14. Fahrzeuge

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.

15. UE (Unterrichtseinheit)

entspricht einer Zeitdauer von 45 Minuten.

II.

Elektrische Gefährdungen durch Hochvolt im Fahrzeug

1. Elektrotechnische Arbeiten an Hochvolt-Systemen von Fahrzeugen

Mit elektrotechnischen Arbeiten darf erst begonnen werden, wenn Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag, Kurzschlüsse und Störlichtbögen durchgeführt sind. Nähere Ausführungen zu den Gefahren durch elektrischen Strom können der Information „Elektrofachkräfte“ (BGI 548) entnommen werden. 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.

Dies geschieht durch Einhaltung der fünf Sicherheitsregeln.

Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Diese fünf Regeln für sicheres Arbeiten sind lebenswichtig. Im Allgemeinen sind sie in der angegebenen Reihenfolge einzuhalten.

Die fünf Sicherheitsregeln gelten grundsätzlich für Starkstromanlagen, unabhängig von der Spannungshöhe. Es bestehen für Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V einige Erleichterungen. So reicht es im Allgemeinen aus, wenn beim Arbeiten am HV-System des Kraftfahrzeuges die ersten drei Regeln angewandt werden.

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 abziehen bzw. Batterie-Hauptschalter ausschalten
- Sicherungen ziehen



Bild 1: Servicestecker

Regel 2: Gegen Wiedereinschalten sichern

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



Bild 2:
Kennzeichnung „Gegen Wiedereinschalten sichern“

Regel 3: Spannungsfreiheit feststellen

Selbst bei abgeschalteter HV-Spannung können noch Restladungen (z. B. Zwischenkreisspannung) vorhanden sein.



Bild 3:
„Spannungsfreiheit feststellen“

Daher ist vor Beginn der Arbeiten immer die Spannungsfreiheit des HV-Systems festzustellen!



Das Feststellen der Spannungsfreiheit darf nur eine Elektrofachkraft oder eine elektrotechnisch unterwiesene Person vornehmen. Zum Feststellen der Spannungsfreiheit sind die Vorgaben des Fahrzeugherstellers zu beachten.

Es sind geeignete Spannungsprüfer oder fest eingebaute Prüfvorrichtungen zu verwenden, wenn beim Ausschalten der Spannung die Veränderung der Anzeige beobachtet wird. Geeignet sind Prüfeinrichtungen insbesondere, wenn sie von einer Prüfstelle entsprechend der notwendigen Kriterien geprüft und ihre Eignung festgestellt wurde. Vielfachmessgeräte haben an energiereichen Anlagenteilen zu hohem Unfallgeschehen geführt. Deshalb sind sie nicht geeignet.

Sonstige ortsveränderliche Messgeräte sind zum Feststellen der Spannungsfreiheit geeignet, wenn sie auch den Bestimmungen für Spannungsprüfer nach DIN VDE 0682-401 „Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer“ entsprechen. Bei der Verwendung handelsüblicher Spannungsprüfer ist darauf zu achten, dass diese für die zu messende Spannungsart und -höhe geeignet sind und einwandfrei funktio-

nieren. Die einwandfreie Funktion muss vor 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.

Beendigung der Arbeiten

Nach Abschluss der Arbeiten werden die Sicherheitsregeln wieder aufgehoben. Zunächst sind alle Werkzeuge, Hilfsmittel und sonstige Geräte von der Arbeitsstelle und aus dem Gefahrenbereich zu entfernen. Vor Beginn der Arbeiten demontierte Schutzverkleidungen sind wieder ordnungsgemäß anzubringen und Warnhinweise zu entfernen.

2. Verantwortung

Die fachlichen Anforderungen an Personen, die elektrotechnische Arbeiten ausführen, werden in verschiedenen Vorschriften und VDE-Bestimmungen festgelegt, insbesondere in:

- Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-V A3)
- DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“
- DIN VDE 1000-10 „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“

Unternehmer/Vorgesetzte

Die erste und oberste Pflicht zur Unfallverhütung im Betrieb liegt immer beim Unternehmer. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur von einer Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instand gehalten werden.

Der Unternehmer ist verantwortlich für:

- Bereitstellung von und Entscheidung über Geldmittel
- Auswahl der leitenden Mitarbeiter
- Grundsatzentscheidungen über Sicherheitspolitik, Sicherheitsorganisation,

Einrichtungen zur Sicherheit

Zu den Unternehmerpflichten zählen beispielsweise:

- Sicherstellen, dass nur ausreichend qualifizierte Mitarbeiter Arbeiten an HV-Systemen von Fahrzeugen durchführen
- Erstellen von Arbeitsanweisungen beim Umgang mit HV-Systemen
- Organisation des elektrotechnischen Fachbereiches
- Festlegen des Aufgaben- und Kompetenzbereiches der Mitarbeiter je nach Art der durchzuführenden Tätigkeiten

Bestimmte Unternehmerpflichten können auf betriebliche Vorgesetzte übertragen werden. Dies kann durch Einzelauftrag oder arbeitsplatzbezogen, z. B. durch Stellenbeschreibung, erfolgen.

Vorgesetzte können demnach verantwortlich sein für:

- Durchführung von Maßnahmen zur Arbeitssicherheit
- Erstellen von Anweisungen zur Arbeitssicherheit
- Motivation zur Arbeitssicherheit
- Aufsicht und Kontrolle
- Meldungen an den nächsten Vorgesetzten
- Gefahrenabwehr im Einzelfall

Jeder Vorgesetzte muss sich vergewissern, dass sein Mitarbeiter für die vorgesehenen Tätigkeiten u. a.

- die notwendige fachliche Qualifikation
- die körperliche und geistige Eignung

besitzt.

Die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1) führt dazu im § 7 „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 Aufgaben-*

- erfüllung 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 kann der Unternehmer berufliche Qualifikationen, bereits gesammelte Berufspraxis und Erfahrungswerte (Zeugnisse etc.), Sachkunde und besondere Einweisung und Unterweisung heranziehen. Jedem Mitarbeiter muss außerdem genügend Einarbeitungszeit unter Beobachtung des Vorgesetzten eingeräumt werden, um die Befähigung nachzuweisen. Des Weiteren muss in regelmäßigen Abständen die Aktualität der Befähigung überprüft werden.

Für elektrotechnische Arbeiten an HV-Systemen ist es notwendig, den Mitarbeitern die theoretischen elektrotechnischen Grundlagen zu vermitteln und sie mit den praktischen Fertigkeiten im Umgang mit den jeweiligen HV-Komponenten, Werkzeugen und Hilfsmitteln vertraut zu machen.

Die notwendige Qualifizierung der Mitarbeiter muss von Personen durchgeführt werden, welche das notwendige Wissen auf dem zu vermittelnden Arbeitsgebiet, didaktisches Können sowie Erfahrungen in der Erwachsenenbildung haben. Bei der Qualifizierung müssen geeignete Schulungsunterlagen zur Verfügung gestellt und praxisperechte Übungen durchgeführt werden. Die erfolgreiche Teilnahme ist durch den Ausbildungsträger nachvollziehbar unter Angabe der vermittelten Inhalte zu dokumentieren.

Der Unternehmer/Vorgesetzte muss sicherstellen, dass nur solche Mitarbeiter mit Arbeiten an HV-Systemen betraut werden, die über die notwendige Qualifikation verfügen.

Fachkunde für Arbeiten an HV-Systemen

Personen, die elektrotechnische Arbeiten an HV-Systemen in Fahrzeugen durchführen sollen, müssen für diese Arbeiten qualifiziert sein. Der Umfang der Qualifizierung hängt u. a. vom Grad der bei den Arbeiten auftretenden elektrischen Gefährdungen und den Vorkenntnissen ab.

Mitarbeiter mit der Fachkunde für Arbeiten an HV-Systemen dürfen elektrotechnische Arbeiten ausschließlich an Fahrzeugen durchführen. Es ist bei deren Einsatz zu berücksichtigen, ob sie für elektrotechnische Arbeiten innerhalb des Projektierungs- und Entwicklungsprozesses (vor SoP), der Bandmontage des HV-Systems

oder für Servicearbeiten an Serienfahrzeugen (nach SoP) qualifiziert sind. In welchem Arbeitsbereich der Mitarbeiter elektrotechnische Arbeiten ausführen kann, muss den entsprechenden Qualifizierungsnachweisen und Zertifikaten entnommen werden.

Der Zusammenhang zwischen dem Grad der elektrischen Gefährdung, der sich aus den Tätigkeiten im jeweiligen Arbeitsbereich ergibt, und dem resultierenden Qualifizierungsumfang in Theorie und Praxis wird an nachfolgender Abbildung beispielhaft verdeutlicht.

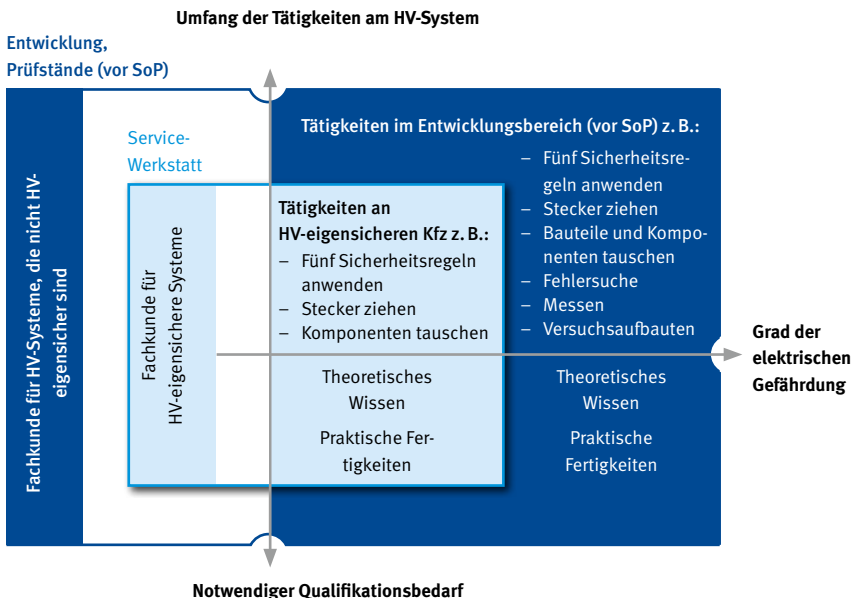


Abb. 1: „Fachkunde für HV-Systeme“ in Abhängigkeit von den durchzuführenden Tätigkeiten beispielhaft dargestellt

Mitarbeiter mit der Fachkunde für Arbeiten an HV-Systemen können elektrotechnische Arbeiten an Fahrzeugen eigenständig ausführen und tragen dafür die Fachverantwortung.

Elektrofachkraft

Eine Elektrofachkraft darf nur in **denjenigen Teilgebieten/Arbeitsgebieten der Elektrotechnik** Fachverantwortung tragen und elektrotechnische Arbeiten ausführen, für die sie die

- fachliche Ausbildung
- Kenntnisse und Erfahrungen
- und Kenntnisse der einschlägigen Bestimmungen

erworben hat, um die ihr übertragenen Arbeiten beurteilen, mögliche Gefahren erkennen und die notwendigen Schutzmaßnahmen festlegen zu können.

Die Forderung nach einer fachlichen Ausbildung ist in der Regel durch den Abschluss einer anerkannten elektrotechnischen Fachausbildung oder einer für die vorgesehenen Aufgaben vergleichbaren elektrotechnischen Qualifikation erfüllt. Die geforderten Kenntnisse und Erfahrungen werden durch eine zeitnahe berufliche Tätigkeit in dem jeweiligen Teilgebiet der Elektrotechnik erreicht.

Unter dem Begriff „Kenntnisse der einschlägigen Bestimmungen“ sind in erster Linie die entsprechenden VDE-Bestimmungen, staatliche Rechtsvorschriften und Unfallverhütungsvorschriften zu verstehen.

Der Begriff „Elektrofachkraft“ ist keine Berufsbezeichnung, sondern stellt per Definition die Befähigung, das Vermögen und die Fertigkeit des Mitarbeiters dar, elektrotechnische Arbeiten in einem bestimmten Bereich der Elektrotechnik eigenverantwortlich und selbstständig durchzuführen. Die Elektrofachkraft trägt immer Fachverantwortung, d. h. sie steht für das fachliche Ergebnis der von ihr ausgeführten elektrotechnischen Arbeiten ein. Falls die Elektrofachkraft zusätzlich mit der Leitung und Aufsicht unterstellter Personen betraut wird, ist sie für die Führung dieser Personen sowie der fachlich korrekten und sicheren Durchführung der Arbeiten verantwortlich.

Verantwortliche Elektrofachkraft

Für die verantwortliche fachliche Leitung eines elektrotechnischen Betriebes oder Betriebsteiles ist im Allgemeinen eine verantwortliche Elektrofachkraft erforderlich, die als Elektrofachkraft grundsätzlich eine erfolgreich abgeschlossene Ausbildung zum staatlich geprüften Techniker/zur staatlich geprüften Technikerin, zum Industriemeister/zur Industriemeisterin, zum Handwerksmeister/zur Handwerksmeisterin, zum Diplomingenieur/zur Diplomingenieurin, Bachelor oder Master absolviert hat.

Dies wird notwendig, wenn neben den Arbeiten vor Ort im Zusammenhang mit den elektrotechnischen Arbeiten zusätzlich Aufgaben erforderlich sind, wie

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

Eine verantwortliche Elektrofachkraft übernimmt zusätzlich zur Fachverantwortung die Aufsichtsverantwortung. Sie muss vom Unternehmer beauftragt werden und unterliegt hinsichtlich der Einhaltung der elektrotechnischen Sicherheitsmaßnahmen keinen fachlichen Weisungen. Für die elektrische Sicherheit ist nur die verantwortliche Elektrofachkraft und nicht ein ausschließlich disziplinarischer Vorgesetzter verantwortlich.

Für Servicewerkstätten, in denen Arbeiten an HV-eigensicheren Serienfahrzeugen durchgeführt werden, ist in der Regel keine Verantwortliche Elektrofachkraft erforderlich.

Elektrotechnisch unterwiesene Person

Elektrotechnisch unterwiesene Personen dürfen eigenverantwortlich keine Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln ausführen. Sie dürfen nur die Arbeiten ausführen, für die sie eine fachgerechte Einweisung erhalten haben. Bei diesen Arbeiten müssen sie die vermittelten Maßnahmen und Verhaltensregeln anwenden. Elektrotechnische Arbeiten dürfen grundsätzlich nur unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft durchgeführt werden.

Leitung und Aufsicht durch eine Elektrofachkraft bedeutet die Wahrnehmung der Führungs- und Fachverantwortung, insbesondere für folgende Tätigkeiten:

- Unterrichten elektrotechnisch unterwiesener Personen

- Überwachen der ordnungsgemäßen Errichtung, Änderung und Instandhaltung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel
- 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
- Unterweisen von Hilfskräften über sicherheitsgerechtes Verhalten, erforderlichenfalls das Einweisen
- Überwachen der Arbeiten und der Arbeitskräfte, z. B. bei nicht-elektrotechnischen Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile, erforderlichenfalls das Beaufsichtigen.

3. Gefährdungsbeurteilung

Der Unternehmer hat nach dem Arbeitsschutzgesetz die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten zu gewährleisten, und falls erforderlich, zu verbessern. Ein wichtiger Schritt dazu ist die Gefährdungsbeurteilung.

Die Gefährdungsbeurteilung ist ein 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 und
- der Ableitung entsprechender 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. Es ist das so genannte „Prinzip der Gefährdungsminimierung“ anzuwenden. Auf Grund 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 durch Körperdurchströmungen und Lichtbögen.

Durch entsprechende Maßnahmen ist das räumliche und zeitliche Zusammentreffen der Gefährdungen mit dem Menschen zu verhindern.



Bild 4:
Basisschutz durch Isolation und
Abdeckung

Maßnahmen werden unterschieden in

- technische, z. B. Isolierung, feste Abdeckungen
- organisatorische, z. B. Einhaltung vorgeschriebener Wartezeiten zum Abbau von Spannung
- persönliche, z. B. persönliche Schutzausrüstungen (Isolierhandschuhe, Helm mit Visier), Unterweisung

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

Je nach Hersteller sind in den Fahrzeugen unterschiedliche Schutzmaßnahmen realisiert. Die Schutzmaßnahmen sind so aufgebaut, dass ein Fehler allein nicht zu einer elektrischen Gefährdung des Menschen führen kann. Hier einige ausgewählte Schutzmaßnahmen, die in verschiedenen Fahrzeugtypen teilweise umgesetzt wurden:

- Abschaltung des gesamten HV-Systems durch eine Trenneinrichtung („Service disconnect“)
- alle Kabelanschlüsse/-verbindungen steckbar
- Komponenten und Steckverbindungen im getrennten Zustand mindestens IP 2X, in gestecktem Zustand mindestens IP 4X nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1)
- Sicherheitsschleife („Interlock“) für alle HV-Komponenten und Steckverbindungen in mindestens einfehlersicherer Ausführung
- Abdeckungen von nicht gegen direktes Berühren geschützter, unter Spannung stehender Teile nur mit Spezialwerkzeug oder durch Zerstörung entfernbar
- Abschaltung der Bord-Netzspannung beim Lösen von Steckverbindungen durch voreilende Steckerkontakte zur Vermeidung von Störlichtbögen
- 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 größer als die Entladezeit für die Restspannungen möglich
- fest eingebaute Einrichtung zur Feststellung der Spannungsfreiheit des HV-Systems
- einheitliche, eindeutig erkennbare Farbgebung aller HV-Komponenten, z. B. orange
- Aufbau eines erdfreien, zur Fahrzeugmasse und gegen die einzelnen Leiter isolierten elektrischen Netzes
- Überwachung der Isolierung der aktiven Leiter zueinander und gegen die Fahrzeugmasse
- gezielte Entladung der Restenergien der elektrischen Energiespeicher
- Verbindung aller leitfähigen Fahrzeugteile durch Potentialausgleich, um die Bildung unterschiedlicher Potentiale zu verhindern.

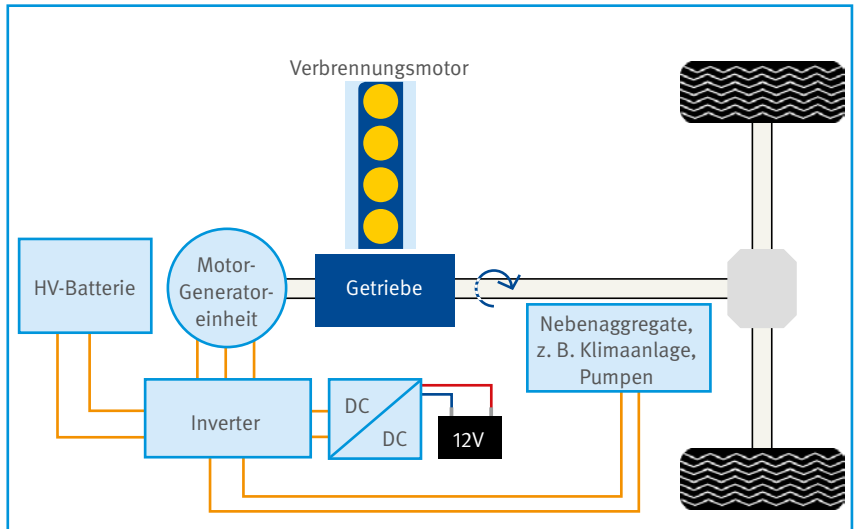


Abb. 2: Paralleler Hybridantrieb beispielhaftes Blockschaubild

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

Bei einer geeigneten Kombination von Maßnahmen kann ausschließlich mit technischen Maßnahmen ein vollständiger Berührungs- und Lichtbogenschutz gegenüber dem HV-System erzielt werden. Das Fahrzeug kann dann als „HV-eigensicher“ bezeichnet werden.



III. Qualifizierung für Arbeiten in Entwicklung und Fertigung

1. Qualifizierungsstufen für Arbeiten vor Produktionsstart

Allgemein

Die Qualifizierung (Inhalte und zeitlicher Umfang) ist gefährdungsorientiert in Abhängigkeit von den durchzuführenden Arbeiten in drei Abstufungen festgelegt. Die aufgeführten Qualifizierungsinhalte sind beispielhaft und müssen auf die konkreten Anforderungen der Tätigkeiten angepasst werden. Die Qualifizierung ist mit einem Nachweis der erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse durch eine theoretische und praktische Prüfung abzuschließen. Der Leistungsnachweis ist zu dokumentieren.

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

	Stufe 3	zum Beispiel
	Arbeiten unter Spannung am HV-System und Arbeiten in der Nähe berührbarer unter Spannung stehender Teile	– Fehlersuche – Bauteile unter Spannung wechseln
	Stufe 2	zum Beispiel
	– Spannungsfreiheit herstellen – Elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand	– Freischalten – Gegen Wiedereinschalten sichern – Spannungsfreiheit feststellen – Tausch von HV-Komponenten – Stecker ziehen + Komponententausch (z. B. DC/DC-Wandler, elektrische Klimaanlage)
Stufe 1	zum Beispiel	
Nicht-elektrotechnische Arbeiten	– Testfahrer, – Karosseriearbeiten, – Öl-, Radwechsel	

Stufe 1 beschreibt alle nicht-elektrotechnischen Arbeiten, die an einem Fahrzeug mit HV-System durchgeführt werden müssen. Die Mitarbeiter müssen auf die möglichen elektrischen Gefährdungen des HV-Systems hingewiesen und über die bestimmungsgemäße Verwendung des Fahrzeuges unterwiesen werden.

Für **Stufe 2** ist die Fachkunde für Arbeiten an HV-Systemen, die nicht HV-eigensicher sind, notwendig. Dies beinhaltet alle elektrotechnischen Arbeiten, die im spannungslosen Zustand ausgeführt werden. Dazu ist die Außer- und Wiederinbetriebnahme der HV-Anlage entsprechend der Anwendung und Durchführung der ersten drei Regeln der „Fünf Sicherheitsregeln“ erforderlich.

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

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

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

Qualifikation Stufe 1: Nicht-elektrotechnische Arbeiten

	Stufe 3	zum Beispiel
	Arbeiten unter Spannung am HV-System und Arbeiten in der Nähe berührbarer unter Spannung stehender Teile	– Fehlersuche – Bauteile unter Spannung wechseln
	Stufe 2	zum Beispiel
	– Spannungsfreiheit herstellen – Elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand	– Freischalten – Gegen Wiedereinschalten sichern – Spannungsfreiheit feststellen – Tausch von HV-Komponenten – Stecker ziehen + Komponententausch (z. B. DC/DC-Wandler, elektrische Klimaanlage)
Stufe 1	zum Beispiel	
Nicht-elektrotechnische Arbeiten	– Testfahrer, – Karosseriearbeiten, – Öl-, Radwechsel	

Für alle nicht-elektrotechnische Arbeiten, die am HV-Fahrzeug ausgeführt werden müssen, bedarf es einer Unterweisung.

Durch diese Unterweisung sollen die Mitarbeiter im Umgang mit den HV-Systemen sensibilisiert werden, damit sie sicher am Fahrzeug arbeiten können. Es soll erreicht werden, dass die Mitarbeiter die HV-Komponenten sicher bedienen können, den Aufbau und die Wirkungsweise verstehen und mit den Kennzeichnungen der Komponenten vertraut sind. Inhalt der Unterweisung muss auch sein, dass elektrotechnische Arbeiten an den HV-Komponenten unzulässig sind. Ein Nichtbeachten dieser Vorgaben kann zu gefährlicher Körperdurchströmung oder Lichtbogenbildung führen.

Inhalte dieser Unterweisung müssen unter anderem sein:

- Bedienen von Fahrzeugen und der zugehörigen Einrichtungen (z. B. Prüfstände)
- Durchführung allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
- Durchführung aller mechanischen Tätigkeiten am Fahrzeug (Aber: „Hände weg von Orange!“)
- Service-Disconnect „ziehen und stecken“ als zusätzliche Sicherungsmaßnahme
- Festlegen der anzusprechenden Person bei Unklarheiten
- Unzulässige Arbeiten am Fahrzeug

Der zeitliche Umfang für die Unterweisung in der Stufe 1 muss 2-4 UE betragen.

Qualifikation Stufe 2: Elektrotechnische Arbeiten

	Stufe 3	zum Beispiel
	Arbeiten unter Spannung am HV-System und Arbeiten in der Nähe berührbarer, unter Spannung stehender Teile	<ul style="list-style-type: none"> – Fehlersuche – Bauteile unter Spannung wechseln
	Stufe 2	zum Beispiel
	<ul style="list-style-type: none"> – Spannungsfreiheit herstellen – Elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand 	<ul style="list-style-type: none"> – Freischalten – Gegen Wiedereinschalten sichern – Spannungsfreiheit feststellen <ul style="list-style-type: none"> – Tausch von HV-Komponenten – Stecker ziehen + Komponententausch (z. B. DC/DC-Wandler, elektrische Klimaanlage)
Stufe 1	zum Beispiel	
Nicht-elektrotechnische Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Testfahrer, – Karosseriearbeiten, – Öl-, Radwechsel 	

Für alle elektrotechnischen Arbeiten der Stufe 2, die am HV-Fahrzeug ausgeführt werden müssen, bedarf es einer elektrotechnischen Qualifikation der Mitarbeiter.

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

Stufe 2a: Elektrotechnische Laien mit technischer Ausbildung, z. B. Facharbeiter, Techniker, Meister, Ingenieure

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrotechnische Grundkenntnisse
- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten
- Fach- und Führungsverantwortung
- Mitarbeiterqualifikationen im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik
- Einsatz von HV-Systemen in Fahrzeug

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in **Anhang 4**.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 100 UE betragen.

Stufe 2b: Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich, z. B. Kfz-Elektriker, Kfz-Mechatroniker, Kfz-Mechaniker

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten
- Fach- und Führungsverantwortung
- Mitarbeiterqualifikationen im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik
- Einsatz von HV-Systemen im Fahrzeug

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in **Anhang 5**.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 48 UE betragen.

**Stufe 2c: Elektrofachkräfte,
z. B. Industrieelektroniker, Elektromonteur, Elektroingenieur**

Qualifizierungsinhalte:

- Fach- und Führungsverantwortung
- Mitarbeiterqualifikationen im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik
- Einsatz von HV-Systemen im Fahrzeug
- Aufbau und Wirkungsweise von Bordnetzen in Fahrzeugen

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in **Anhang 6**. Die Inhalte müssen an den aktuellen Wissensstand der Teilnehmer angepasst werden.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 20 UE betragen.

Qualifikation Stufe 3: Elektrotechnische Arbeiten unter Spannung

Hier ist als Grundlage die erfolgreiche Qualifizierung nach Stufe 2 erforderlich. Die Qualifizierung für das Arbeiten unter Spannung am HV-System erfordert grundsätzlich fundierte theoretische elektrotechnische Kenntnisse und anwendungsbe-reite praktische elektrotechnische Fertigkeiten.

	Stufe 3	zum Beispiel
	Arbeiten unter Spannung am HV-System und Arbeiten in der Nähe berührbarer unter Spannung stehender Teile	<ul style="list-style-type: none"> – Fehlersuche – Bauteile unter Spannung wechseln
	Stufe 2	zum Beispiel
	<ul style="list-style-type: none"> – Spannungsfreiheit herstellen – Elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand 	<ul style="list-style-type: none"> – Freischalten – Gegen Wiedereinschalten sichern – Spannungsfreiheit feststellen <ul style="list-style-type: none"> – Tausch von HV-Komponenten – Stecker ziehen + Komponententausch (z. B. DC/DC-Wandler, elektrische Klimaanlage)
	Stufe 1	zum Beispiel
Nicht-elektrotechnische Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> – Testfahrer, – Karosseriearbeiten, – Öl-, Radwechsel 	

Stufe 3a: Mitarbeiter mit einer Qualifizierung nach Stufe 2b und Stufe 2c

Mitarbeiter, die eine Qualifikation nach Stufe 2b und 2c absolviert haben, erfüllen durch ihre Vorkenntnisse bereits die Voraussetzungen zur Teilnahme an der Qualifizierung zur Stufe 3.

Diese Mitarbeiter benötigen zusätzlich eine Ausbildung zum Arbeiten unter Spannung am HV-System.

Qualifizierungsinhalte:

- Definition des Anwendungsbereiches
- Voraussetzungen für das Arbeiten unter Spannung am HV-System:
 - Befähigung der Mitarbeiter
 - Organisation der Arbeiten
 - Einzusetzende Schutz- und Hilfsmittel
- Praktische Übungen

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 8 UE betragen.

Stufe 3b: Mitarbeiter mit einer Qualifizierung nach Stufe 2a

Mitarbeiter mit einer Qualifikation nach Stufe 2a besitzen nicht zwangsläufig in ausreichendem Maße die für das Arbeiten unter Spannung am HV-System erforderlichen fundierten theoretischen und praktischen elektrotechnischen Kenntnisse und Fähigkeiten. Daher müssen die vorhandenen Kenntnisse der Mitarbeiter überprüft werden, um zu entscheiden, welche weiteren zusätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten als Voraussetzung für die Qualifizierung nach Stufe 3 notwendig sind.

(1) Vorbildung: ingenieur- oder naturwissenschaftliches Studium

Mitarbeiter, die beispielsweise ein ingenieur- oder naturwissenschaftliches Studium absolviert haben, besitzen theoretische elektrotechnische Grundkenntnisse, um die Arbeiten nach Stufe 3 beurteilen zu können. Für diese Mitarbeiter ist eine Vermittlung praktischer Fähigkeiten als Voraussetzung für das Arbeiten unter Spannung am HV-System erforderlich.

Die Vermittlung der praktischen Fähigkeiten kann dabei folgende Schwerpunkte beinhalten:

- Elektrische Messtechnik
- Durchführen von Messungen entsprechend den elektrotechnischen Normen (VDE-Bestimmungen)
- Schaltungstechnik

- Gebrauch von Werkzeugen bei der Elektromontage
- Verlegen und Befestigen von Leitungen
- Aufbauen und Verdrahten von Schaltungen nach Schaltungsunterlagen (Stückliste, Klemmenplan, Aufbauplan und Stromlaufplan)
- Sensorik in der Steuerungstechnik
- Anschließen und Bedienen von Peripheriegeräten
- Prüfen von Funktionen an digitalen Schaltgliedern und Schaltungen
- Störungsanalyse, systematische Fehlersuche, Anwenden fahrzeug- oder anlagenbezogener Diagnosegeräte
- Beheben von Störungen

Zusätzlich benötigen diese Mitarbeiter die Ausbildung für das Arbeiten unter Spannung am HV-System entsprechend Stufe 3a.

Qualifizierungsinhalte:

- Definition des Anwendungsbereiches
- Voraussetzungen für das Arbeiten unter Spannung am HV-System:
 - Befähigung der Mitarbeiter
 - Organisation der Arbeiten
 - Einzusetzende Schutz- und Hilfsmittel
- Praktische Übungen

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 48 UE betragen.

(2) Vorbildung: nicht-elektrotechnische Facharbeiter- oder Gesellenausbildung

Mitarbeiter mit einer nicht-elektrotechnischen Facharbeiter- oder Gesellenausbildung besitzen nicht die erforderlichen elektrotechnischen Grundkenntnisse und die praktischen Fähigkeiten, um die Arbeiten nach Stufe 3 beurteilen zu können. Für diese Mitarbeiter ist eine Vermittlung weitergehender theoretischer und praktischer Kenntnisse als Voraussetzung für das Arbeiten unter Spannung am HV-System erforderlich.

Die Vermittlung der theoretischen und praktischen Kenntnisse kann dabei folgende Schwerpunkte beinhalten:

- Elektrische Messtechnik
- Durchführen von Messungen
- Schaltungstechnik
- Gebrauch von Werkzeugen bei der Elektromontage
- Verlegen und Befestigen von Leitungen
- Aufbauen und Verdrahten von Schaltungen nach Schaltungsunterlagen (Stückliste, Klemmenplan, Aufbauplan und Stromlaufplan)
- Sensorik in der Steuerungstechnik
- Anschließen und Bedienen von Peripheriegeräten
- Prüfen von Funktionen an digitalen Schaltgliedern und Schaltungen
- Störungsanalyse, systematische Fehlersuche, Anwenden fahrzeug- oder anlagenbezogener Diagnosegeräte
- Beheben von Störungen

Zusätzlich benötigen diese Mitarbeiter die Ausbildung für das Arbeiten unter Spannung am HV-System entsprechend Stufe 3a.

Qualifizierungsinhalte:

- Definition des Anwendungsbereiches
- Voraussetzungen für das Arbeiten unter Spannung am HV-System:
 - Befähigung der Mitarbeiter
 - Organisation der Arbeiten
 - Einzusetzende Schutz- und Hilfsmittel
- Praktische Übungen

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 100 UE betragen.

2. **Qualifizierung für Arbeiten bei der Erstellung und Inbetriebnahme im Fertigungsprozess**

Bandmontage

Das Erstellen einer HV-Anlage erfordert elektrotechnische Arbeiten. Die Leitung und Aufsicht für diese elektrotechnischen Arbeiten kann innerhalb der Bandmontage durch die verantwortlichen Führungskräfte auf der Grundlage standardisierter Arbeitsverfahren ausgeübt werden. Dies erfordert die Erstellung von verbindlichen Arbeitsanweisungen, welche die Vorgehensweise bei diesen Arbeiten inklusive der dabei auftretenden Gefährdungen und der dabei zu berücksichtigenden Schutzmaßnahmen beinhalten. Die Überprüfung der standardisierten Arbeitsanweisungen auf fachliche Richtigkeit obliegt einer Elektrofachkraft, die aufgrund fundierter Fähigkeiten und Kenntnisse diese Arbeiten qualifiziert beurteilen kann.

Die Inhalte der Arbeitsanweisungen sind den Mitarbeitern durch Einweisung (z. B. im Rahmen der Produktschulung) oder Unterweisung zu vermitteln. Die Mitarbeiter 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.

Inbetriebnahme (Finish) nach der Montage

Mit der Inbetriebnahme des HV-Systems durch Einspeisung über die Spannungsquelle erhöht sich das Gefährdungspotential. Dies kann je nach Tätigkeit am Fahrzeug weitere Qualifizierungsmaßnahmen für die Mitarbeiter notwendig machen. Dabei sind insbesondere folgende Unterscheidungen zu treffen, die unterschiedliche Gefährdungspotenziale berücksichtigen:

Batterieinbetriebnahme mit vollständigem Berührungs- und Lichtbogen-schutz

Die Inbetriebnahme durch eine elektrotechnisch unterwiesene Person nach standardisierten Arbeitsverfahren (wie bei der Bandmontage beschrieben) ist ausreichend.

Batterieinbetriebnahme ohne vollständigen Berührungs- und Lichtbogen-schutz

Der Schutz gegen elektrische Körperdurchströmung und Lichtbogen ist nicht ausschließlich mit technischen Mitteln sichergestellt. Diese Arbeiten dürfen nur von Mitarbeitern mit einer Qualifizierung nach dem Stufenmodell Stufe 2 ausgeführt werden.

Nacharbeit ohne Fehler im HV-System

Wenn die Nacharbeit keinen Eingriff in das HV-System erfordert, können diese Arbeiten von einer elektrotechnisch unterwiesenen Person nach standardisierten Arbeitsverfahren, wie bei der Bandmontage beschrieben, ausgeführt werden. Dies schließt auch Arbeiten am 12 V-Bordsystem ein.

Nacharbeit mit Fehler im HV-System

Sind elektrotechnische Arbeiten am HV-System notwendig, muss der spannungsfreie Zustand des HV-Systems sichergestellt werden. Diese Arbeiten erfordern einen Mitarbeiter mit einer Qualifizierung nach dem Stufenmodell Stufe 2. Diese Festlegungen beinhalten auch Arbeiten am 12 V-Bordsystem, 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 dem Stufenmodell Stufe 3 notwendig.

IV. Qualifizierung für Arbeiten an Serienfahrzeugen

In den Servicewerkstätten fallen nicht-elektrotechnische Arbeiten (z. B. Karosseriearbeiten, Öl- und Radwechsel, Bedienen der Fahrzeuge) und zusätzlich elektrotechnische Arbeiten am HV-System an.

1. Bedienen von Fahrzeugen

Die Mitarbeiter müssen auf die fahrzeugspezifischen Eigenschaften der HV-Fahrzeuge hingewiesen und mit dem bestimmungsgemäßen Gebrauch vertraut gemacht werden.

Für das Bedienen von HV-Fahrzeugen ist es ausreichend, die Mitarbeiter auf die dabei zu beachtenden Besonderheiten einzuweisen. Dies gilt auch für Servicearbeiten, die bezüglich der elektrischen Gefährdung mit dem Bedienen vergleichbar sind, z. B. Wechsel der Scheibenwischerblätter, Auffüllen von Waschwasser.

Diese Mitarbeiter dürfen keine Tätigkeiten am HV-System oder in der gefahrbringenden Nähe von HV-Komponenten durchführen.

Der Aufwand für die Einweisung orientiert sich am Umfang der fahrzeugspezifischen Besonderheiten.

2. Qualifizierungen für die Durchführung nicht-elektrotechnischer Arbeiten

Mitarbeiter, die in der Nähe von HV-Komponenten nicht-elektrotechnische Arbeiten (z. B. mechanische Tätigkeiten wie Ölwechsel) durchführen müssen, könnten im Fehlerfall einer elektrischen Gefährdung ausgesetzt sein. Sie müssen über diese Gefährdungen, den Schutzmaßnahmen und Verhaltensmaßnahmen unterwiesen werden. Der inhaltliche und zeitliche Umfang der Unterweisung orientiert sich an der Art der durchzuführenden Arbeiten und dem dabei zu erwartenden Gefährdungspotenzial.

Die Unterweisung muss dokumentiert werden.

Die Mitarbeiter müssen im Umgang mit den HV-Systemen sensibilisiert werden, damit sie sicher am Fahrzeug arbeiten können 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 gefährlicher Körperdurchströmung oder Lichtbogenbildung führen.

Inhalte dieser Unterweisung müssen unter anderem sein:

- Bedienen von Fahrzeugen und der zugehörigen Einrichtungen
- Durchführung allgemeiner Tätigkeiten, die keine Spannungsfreischaltung des HV-Systems erfordern
- Durchführung aller mechanischen Tätigkeiten am Fahrzeug (Aber: „Hände weg von Orange!“)
- Service-Disconnect „ziehen und stecken“ als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme
- Festlegen der anzusprechenden Person bei Unklarheiten
- Unzulässige Arbeiten am Fahrzeug

Der zeitliche Umfang für die Unterweisung muss je nach Art und Umfang der Arbeiten 1-2 UE betragen.

3. Qualifizierungen für die Durchführung elektrotechnischer Arbeiten

In den Ausbildungsberufen Kfz-Mechaniker, Kfz-Elektriker und Kfz-Mechatroniker werden bereits seit 1973 elektrotechnische Grundkenntnisse im theoretischen Teil vermittelt. Darüber hinaus werden das Messen elektrischer Größen und das Arbeiten an elektrotechnischen Aggregaten und Systemen sowohl in der überbetrieblichen wie auch in der betrieblichen Ausbildung praktisch vermittelt. Das gleiche gilt auch für die Ausbildungsberufe Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker bzw. Mechaniker für Karosserieinstandhaltungstechnik seit 2002.

Personen, die nach den genannten Zeitpunkten in einem der genannten Ausbildungsberufe ausgebildet worden sind oder eine entsprechende Zusatzausbildung als Kfz-Service-Techniker oder Kfz-Meister nachweisen können, besitzen die notwendige Eingangsqualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen unterhalb der HV-Spannung.

Auf der Grundlage dieses Wissens- und Erfahrungsstandes erfolgt bei diesen Mitarbeitern die Qualifizierung für Arbeiten an Kraftfahrzeugen mit HV-Systemen. Die zusätzliche Qualifizierung befähigt die Mitarbeiter, selbstständig an derartigen Fahrzeugen (z. B. Hybridfahrzeugen) gefahrungsfrei zu arbeiten. Sie müssen in der Lage sein, die übertragenen Arbeiten zu beurteilen, mögliche Gefahren zu erkennen

und die für das HV-System notwendigen Schutzmaßnahmen umzusetzen. Das Flussdiagramm im **Anhang 7** bietet Hilfestellung bei der Ermittlung des notwendigen Qualifizierungsumfangs.

Um die notwendige Sicherheit vor der Teilnahme an der Qualifizierungsmaßnahme zu gewährleisten, sollten die erforderlichen elektrotechnischen Kenntnisse durch einen Vortest überprüft werden. Dadurch erhält sowohl der potenzielle Teilnehmer als auch der Unternehmer die Sicherheit, dass die Qualifizierungsmaßnahme bezüglich der notwendigen Vorkenntnisse erfolgreich absolviert werden kann.

Sind die oben genannten Voraussetzungen nicht erfüllt, gelten diese Mitarbeiter als elektrotechnische Laien. In diesem Falle muss elektrotechnisches Grundlagenwissen entsprechend der nachfolgend beschriebenen Inhalte vermittelt werden.

Die aufgeführten Qualifizierungsinhalte sind beispielhaft und müssen auf die konkreten Anforderungen der Tätigkeiten angepasst werden. Die durchgeführten theoretischen und praktischen Qualifizierungen sind mit einem Nachweis der erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse abzuschließen. Der Leistungsnachweis ist zu dokumentieren.

Vorbildung: Elektrotechnischer Laie mit technischer Ausbildung

Qualifizierungsinhalte:

- Elektrotechnische Grundkenntnisse
- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen
- Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten
- Fach- und Führungsverantwortung
- Mitarbeiterqualifikationen im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik
- Einsatz von HV-Systemen in Fahrzeugen

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in **Anhang 4**.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung muss mindestens 100 UE betragen.

Vorbildung: Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich (z. B. Kfz-Elektriker, Kfz-Mechatroniker, Kfz-Mechaniker)

Qualifizierungsinhalte theoretischer Teil:

- Fachverantwortung
- Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe
- Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen
- Elektrische Anlagen und Betriebsmittel nach BGV/GUV-V A3 und DIN VDE 0105-100
- HV-Konzept und Fahrzeugtechnik

Eine Spezifikation der Qualifizierungsinhalte erfolgt in **Anhang 8**.

Der zeitliche Umfang für die Qualifizierung des theoretischen Teils muss mindestens 8 UE betragen.

Umfang praktischer Teil

Je nach Art und Umfang des jeweiligen HV-Systems (z. B. Hybridantrieb, Brennstoffzelle) müssen zusätzliche praktische Qualifizierungsanteile vermittelt werden. Der konkrete Umfang muss in Anlehnung an die Herstellervorgaben erfolgen. Das praktische Wissen kann durch unterschiedliche Lehrmethoden unter Berücksichtigung der jeweiligen Arbeiten am HV-System vermittelt werden. Der praktische Teil kann auch von den Ausbildungsträgern des theoretischen Teils durchgeführt werden. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein der jeweiligen oder vergleichbarer HV-Systeme zur Durchführung der praktischen Tätigkeiten.

Im praktischen Teil sind die erworbenen theoretischen Kenntnisse anzuwenden.

Bezüglich der vor der Einführung und bereits am Markt befindlichen Hybridtechnik wird ein Umfang von 4 bis 8 UE erwartet.

Die Durchführung des praktischen Teils muss der Unternehmer sicherstellen.

4. Verschrotten

Beim Verschrotten 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 vor dem Verschrotten auf das Vorhandensein von HV-Komponenten überprüft werden. Die orangefarbenen Kabel, die Aufkleber mit dem Hinweis auf Hochvolt und Batterien mit der Aufschrift höherer Voltzahlen als die bisher üblichen 12, 24 und 42 Volt sind eindeutige Hinweise auf ein vorhandenes HV-System. Von den verbauten HV-Komponenten geht bei HV-eigensicheren Serienfahrzeugen unter normalen Bedingungen keine elektrische Gefahr aus. Bei Zerstörung des Basisschutzes, z. B. Isolierung der Kabel und Gehäuse der HV-Komponenten, besteht die Gefahr von Lichtbogenbildung durch Kurzschluss und Körperdurchströmung beim Berühren der unter Spannung stehenden Teile.

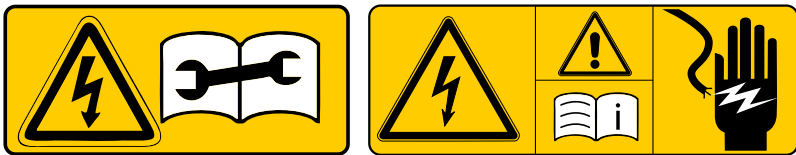


Bild 5: Beispiele für die Kennzeichnung von HV-Komponenten

Vor dem Verschrotten muss das HV-System von einem Mitarbeiter mit der Befähigung für Arbeiten an HV-Systemen in Fahrzeugen unter Anwendung der fünf Sicherheitsregeln und Beachtung der konkreten Herstelleranweisungen spannungsfrei geschaltet, die HV-Komponenten vom Netz getrennt und für den Ausbau vorbereitet werden. Danach sind die elektrischen Energiespeicher (z. B. Batterien, Supercaps u. a.) entsprechend der Herstelleranweisungen auszubauen und fachgerecht zu entsorgen.

Anhang 1: Mustergefährdungsbeurteilung

Muster-Arbeitsblatt zur Ermittlung der Gefährdungen und Maßnahmen

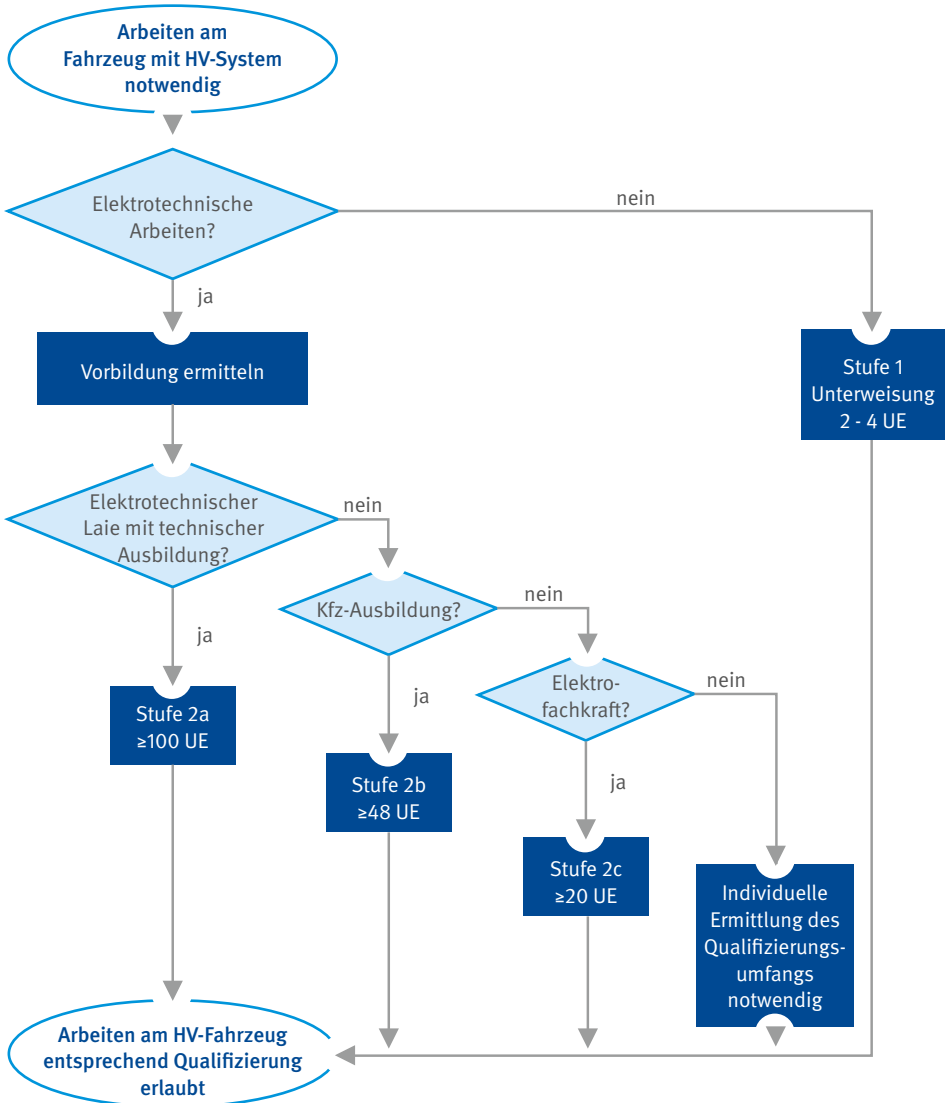
Arbeitsbereich Kfz-Werkstatt
 Berufsgruppe/Person
 Tätigkeit Arbeiten an Kraftfahrzeugen mit Hochvolt(HV)-eigensicheren Systemen

Information	Ermittelte Gefährdungen und deren Beschreibung	Gefährdungen bewerten			Maßnahmen	Bearbeiter/ Berater	Termin		wirksam	
		Risiko	Handl.-bedarf				Erledigt	ja		nein
		G	M	K						
.....	<input type="checkbox"/> Elektrische Körperdurchströmung <input type="checkbox"/> Lichtbögen			<input type="checkbox"/> Alle Mitarbeiter zu Gefahren und Umgang mit HV-Fahrzeugen einweisen/unterweisen <input type="checkbox"/> Bei nicht-elektrotechnischen Arbeiten am Fahrzeug überprüfen, ob HV-Komponenten im Arbeitsbereich verbaut sind <input type="checkbox"/> Sichtungskontrolle der HV-Komponenten auf äußerlich erkennbare Mängel <input type="checkbox"/> Mitarbeiter für die erforderliche Fachkunde für Arbeiten am HV-System qualifizieren <input type="checkbox"/> Arbeiten am HV-System nur durch Mitarbeiter, welche die erforderliche Fachkunde besitzen, oder unter deren Leitung und Aufsicht <input type="checkbox"/> Arbeiten am HV-System nach Anwendung der fünf Sicherheitsregeln durchführen <ul style="list-style-type: none"> - HV-Spannung freischalten - Gegen Wiedereinschalten sichern - Spannungsfreiheit feststellen <input type="checkbox"/> Geeigneten Spannungsprüfer oder Prüfeinrichtung verwenden <input type="checkbox"/> Arbeiten am HV-System nur nach Herstellervorgaben und mit vorgeschriebenen Werkzeugen und Hilfsmitteln <input type="checkbox"/> Fahrzeuge kennzeichnen und Arbeitsbereich bei elektrotechnischen Arbeiten sichern <input type="checkbox"/>				
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

Anhang 2:

Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten in der Entwicklung (spannungsfrei)

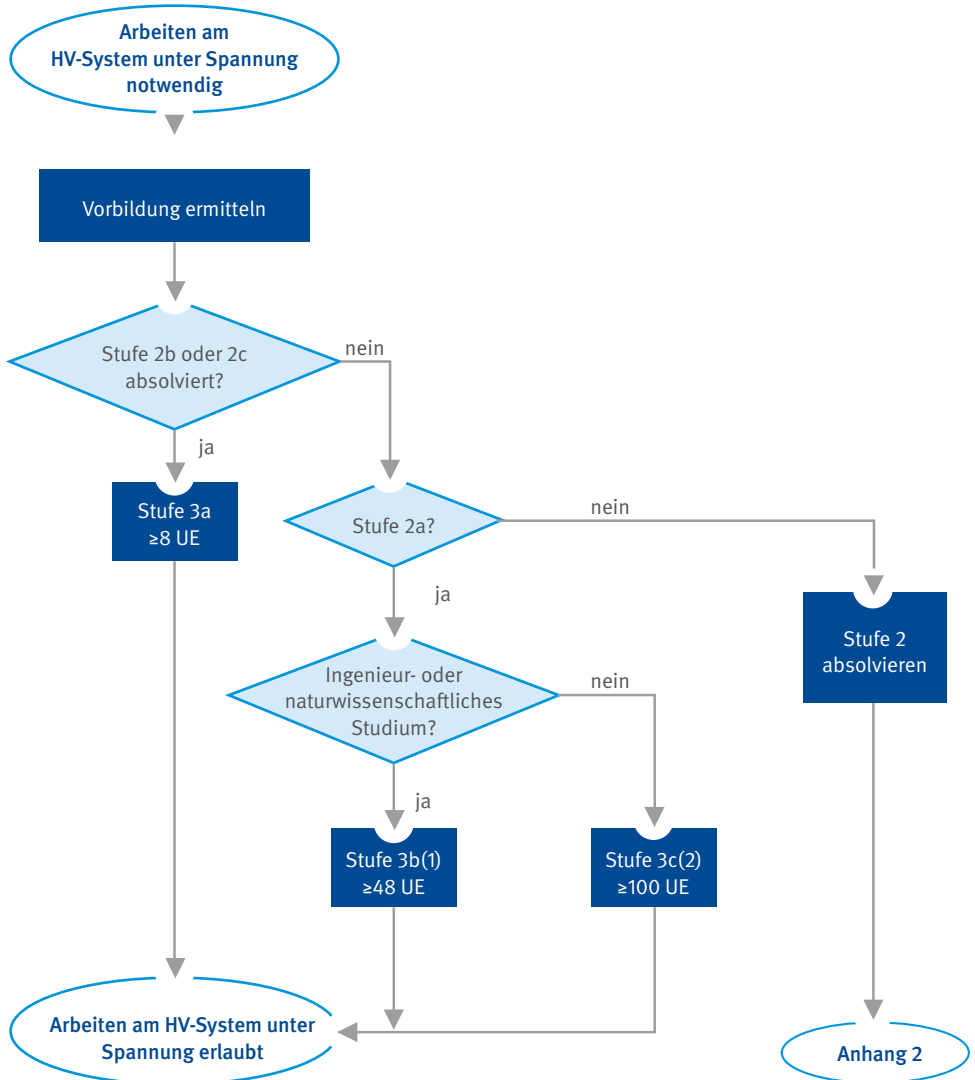
Ermittlung des Qualifizierungsbedarfs für Arbeiten im spannungsfreien Zustand vor SoP



Anhang 3:

Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Arbeiten in der Entwicklung (unter Spannung)

Ermittlung des Qualifizierungsbedarfs für Arbeiten unter Spannung



Anhang 4:

Qualifikation für elektrotechnische Laien mit technischer Ausbildung

Zeitlicher Umfang mindestens 100 UE

Die nachfolgend aufgeführten Inhalte sind beispielhaft und spiegeln den derzeitigen Stand der im Fahrzeug eingesetzten HV-Technik wider. Je nach auszuführenden Arbeiten kann auf nicht zutreffende 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 Metall Hydrid)
 - Ladevorschriften
- Spule
- Elektromotor
- Drehstromasynchronmotor
- Drehstromgenerator
- Transformator
- Halbleiter, Dioden, Bipolare Transistoren
- Aufbau Relais
- Kondensatoren
- Glätten der Mischspannung mit Hilfe eines Kondensators

- Messgeräte, Messverfahren und Messmethoden
 - analoge und 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
- über das Verbraucher-Strompfad-System in komplexeren Schaltungen Potentiale, Spannungsabfälle und Ströme bestimmen
- Aufgaben zur Leistung-, Arbeit- und Wirkungsgradberechnung
- Lesen von Schaltplänen, Verfolgen von Strompfaden

Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe

- Auswirkungen auf den Menschen
- Reizschwellen
- Loslassschwelle
- Herzkammerflimmern
- Verbrennungen
- Einwirkungsdauer des Stromes auf den Körper
- Widerstand des menschlichen Körpers
- gefährliche Körperströme
- maximale Berührungsspannung
- Allgemeines zur Ersten Hilfe
- Unfälle durch den elektrischen Strom
- Maßnahmen bei Verletzungen

- Erste Hilfe bei Verletzungen durch den elektrischen Strom
- Aufzeichnung der Erste-Hilfe-Leistungen
- Unfallmeldung

Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung 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 Schutzpotenzialausgleiches

Anforderungen und entsprechende Maßnahmen

- Schutzmaßnahmen
 - Überstromschutzeinrichtungen
 - RCD (FI- Schutzschalter)
- Prüfungen in Anlehnung an DIN VDE 0100-600
 - Sichtkontrolle
 - Isolationswiderstandsmessungen
 - Funktionsprüfung
- Organisation und Dokumentation der Prüfungen

Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten

- Arbeitsschutzsystem
- Europäische Rechtsetzung (EG-Niederspannungsrichtlinie)
- Nationale Rechtsetzung (Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung mit TRBS)
- Unfallverhütungsvorschriften „Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-A1), „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-A3)
- Regeln der Technik (DIN, EN, VDE, weitere Normen, z. B. für Messtechnik)
- Gefährdungsbeurteilung und Gefährdungsanalyse
- Inhalte „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-A3) und DIN VDE 0105-100, Maßnahmen zur Unfallverhütung: Die fünf Sicherheitsregeln
- Instandhaltung, Inbetriebnahme, Wartung und Service
- Maßnahmen bei der Fehlersuche an unter Spannung stehenden Teilen
- Sicherheit durch persönliche Schutzausrüstung und Hilfsmittel
- Hinweisende Sicherheitstechnik, Warnschilder

Fach- und Führungsverantwortung

- Delegationsverantwortung der Führungskräfte
- Verantwortung der Elektrofachkraft
- rechtliche Konsequenzen

Mitarbeiterqualifikationen im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik

- Wer darf Arbeiten an der elektrischen Anlage ausführen?
- Unterweisung von elektrotechnischen Laien, Einsatz von Arbeitskräften

Einsatz von HV-Systemen in Fahrzeugen

- Einführung in das Thema „Alternative Antriebe“
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise von alternativen Antrieben
 - Brennstoffzellenfahrzeuge
 - Hybridantriebe
 - Elektrofahrzeuge

- Brennstoffzellen-/Hybridfahrzeuge: Konzepte und Betriebsmodi
- HV-Komponenten: z. B. Brennstoffzellen, HV-Batterien und -Akkumulatoren, Leistungselektronik, DC/DC-Wandler, Drehstrom-, Synchron- und Asynchronmaschinen, sonstige sicherheitskritische Komponenten
- Federal ECE Regel 100
- Motor Vehicle Safety Standard 305 (FMVSS 305)
- Zeichnen von Energieflüssen bei verschiedenen Betriebsarten des Hybrid-Systems
- Berechnen von Körperströmen bei Isolationsfehlern und deren Gefahren
- Gefährdungsbeurteilung Brennstoffzellen-/Hybridfahrzeuge
- Schutzklassen/-arten
- R_i von verschiedenen NiMH-Zellen bestimmen
- Spannungsfreiheit am Hybrid-Fahrzeug herstellen
- Messungen am HV-System
- Tausch von eingebauten Komponenten
- Inbetriebnahme mit Bestimmung des R_{i50} des HV-Systems mit/ohne Fehler am HV-System
- Messungen (Spannungsfall und Potential) an hochohmigen Kreisen am konventionellen Fahrzeug unter Berücksichtigung des R_i der Messmittel
- Kapazitäts- und Induktivitätsbestimmung mit DSO und Multimeter
- Bestimmen von Pulsweite, Frequenz am konventionellen Fahrzeug mit dem DSO
- Schaltungen zur Gleichspannungstransformation mit und ohne Potentialtrennung aufbauen/verstehen
- Messübungen am Hybrid-Fahrzeug: Lage der Komponenten, Stecken und Ziehen des Wartungssteckers (Service Disconnect), Überprüfung der Potentialfreiheit (Isolation), Messungen HV+ gegen HV- und gegen Karosserie
- Kennzeichnungen nach Fahrzeugnormen / DIN VDE-Normen / Unfallverhütungsvorschriften
- Leitungen und Kabel:
 - Aderaufbau, Ader- und Mantelisolierung
 - Aderkennzeichnung nach DIN VDE 0293
 - fachgerechte elektrische Verbindungen
 - Zurichten von fein- und feinstdrähtigen Leitungen

Anhang 5:

Qualifikation für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich

beispielsweise Kfz-Elektriker, Kfz-Mechatroniker, Kfz-Mechaniker

Zeitlicher Umfang mindestens 48 UE

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

Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe

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

Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung 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 Schutzpotenzialausgleiches

Anforderungen und entsprechende Maßnahmen

- Schutzmaßnahmen
 - Überstromschutzeinrichtungen
 - RCD (FI-Schutzschalter)
- Prüfungen in Anlehnung an DIN VDE 0100-600
 - Sichtkontrolle
 - Isolationswiderstandsmessungen
 - Funktionsprüfung
- Organisation und Dokumentation der Prüfungen

Organisation von Sicherheit und Gesundheit bei elektrotechnischen Arbeiten

- Arbeitsschutzsystem
- Europäische Rechtsetzung (EG-Niederspannungsrichtlinie)
- Nationale Rechtsetzung (Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung mit TRBS)
- Unfallverhütungsvorschriften „Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-A1), „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-A3)
- Regeln der Technik (DIN, EN, VDE, weitere Normen, z. B. für Messtechnik)
- Gefährdungsbeurteilung und Gefährdungsanalyse
- Inhalte „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-A3) und DIN VDE 0105-100, Maßnahmen zur Unfallverhütung: Die fünf Sicherheitsregeln

- Instandhaltung, Inbetriebnahme, Wartung und Service
- Maßnahmen bei der Fehlersuche an unter Spannung stehenden Teilen
- Sicherheit durch persönliche Schutzausrüstung und Hilfsmittel
- Hinweisende Sicherheitstechnik, Warnschilder

Fach- und Führungsverantwortung

- Delegationsverantwortung der Führungskräfte
- Verantwortung der Elektrofachkraft
- rechtliche Konsequenzen

Mitarbeiterqualifikationen im Tätigkeitsfeld der Elektrotechnik

- Wer darf Arbeiten an der elektrischen Anlage ausführen?
- Unterweisung von elektrotechnischen Laien, Einsatz von Arbeitskräften

Einsatz von HV-Systemen in Fahrzeugen

- Einführung in das Thema „Alternative Antriebe“
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise von alternativen Antrieben
 - Brennstoffzellenfahrzeuge
 - Hybridantriebe
 - Elektrofahrzeuge
- Brennstoffzellen-/Hybridfahrzeuge: Konzepte und Betriebsmodi
- HV-Komponenten: z. B. Brennstoffzellen, HV-Batterien und -Akkumulatoren, Leistungselektronik, DC/DC-Wandler, Drehstrom-, Synchron- und Asynchronmaschinen, sonstige sicherheits-kritische Komponenten
- Federal ECE Regel 100
- Motor Vehicle Safety Standard 305 (FMVSS 305)
- Zeichnen von Energieflüssen bei verschiedenen Betriebsarten des Hybrid-Systems
- Berechnen von Körperströmen bei Isolationsfehlern und deren Gefahren
- Gefährdungsbeurteilung Brennstoffzellen-/Hybridfahrzeuge
- Schutzklassen/-arten

- R_i von verschiedenen NiMH-Zellen bestimmen
- Spannungsfreiheit am 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 Potential) an hochohmigen Kreisen am konventionellen Fahrzeug unter Berücksichtigung des R_i der Messmittel
- Kapazitäts- und Induktivitätsbestimmung mit DSO und Multimeter
- Bestimmen von Pulsweite, Frequenz am konventionellen Fahrzeug mit dem DSO
- Schaltungen zur Gleichspannungstransformation mit und ohne Potentialtrennung aufbauen/verstehen
- Mess-Übungen am Hybrid-Fahrzeug: Lage der Komponenten, Stecken und Ziehen des Wartungssteckers (Service Disconnect), Überprüfung der Potentialfreiheit (Isolation), Messungen HV+ gegen HV- und gegen Karosserie
- Kennzeichnungen nach Fahrzeugnormen / DIN VDE-Normen / Unfallverhütungsvorschriften
- Leitungen und Kabel:
 - Aderaufbau, Ader- und Mantelisolierung
 - Aderkennzeichnung nach DIN VDE 0293
 - fachgerechte elektrische Verbindungen
 - Zurichten von fein- und feinstdrähtigen Leitungen

Anhang 6:

Qualifikation für Elektrofachkräfte im Niederspannungsbereich

beispielsweise Industrieelektroniker, Elektromonteur, Elektroingenieur

Zeitlicher Umfang mindestens 20 UE

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

Einsatz von HV-Systemen in Fahrzeugen-kompakt

Nachfolgende Inhalte müssen auf den aktuellen Wissensstand der Teilnehmer angepasst werden.

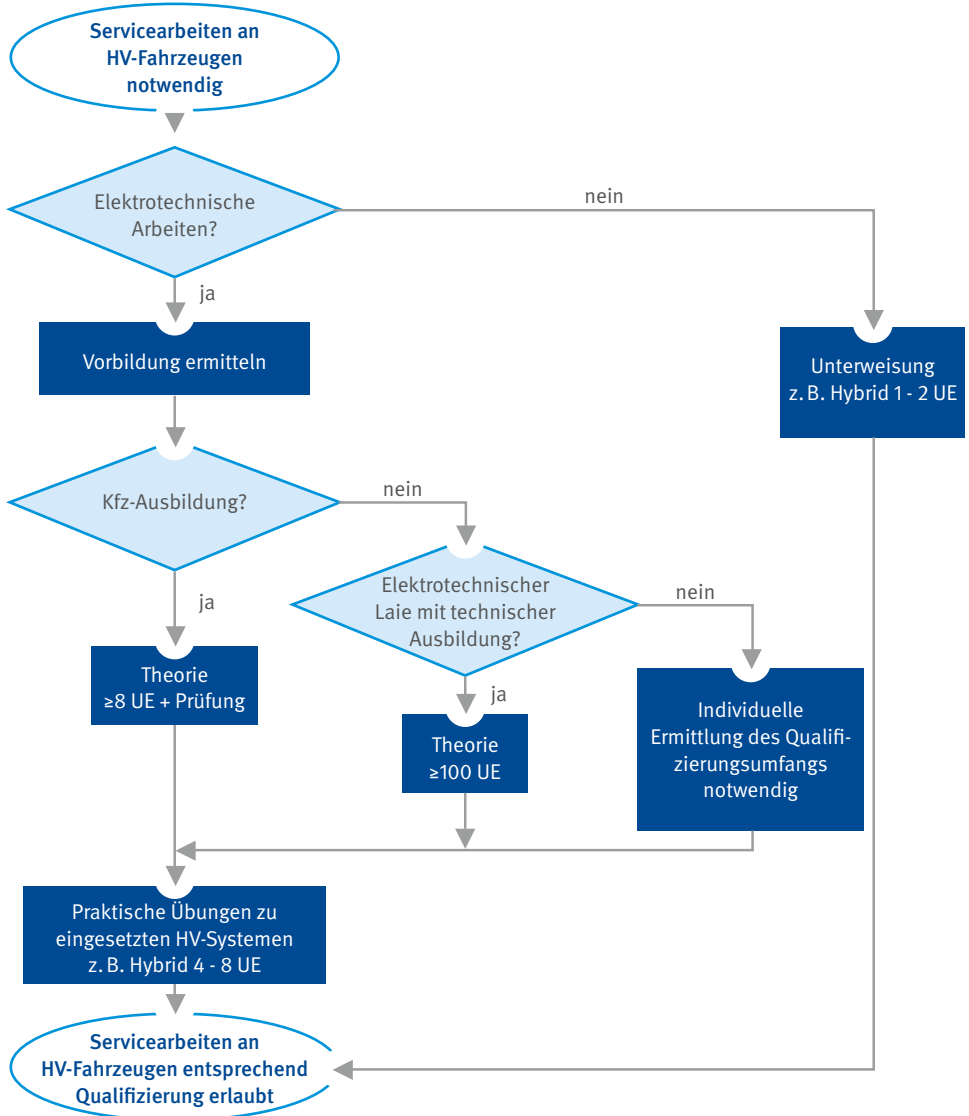
- Aufbau und Funktion von Bordnetzen in Fahrzeugen
- Einführung in das Thema „Alternative Antriebe“
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise von alternativen Antrieben
 - Brennstoffzellenfahrzeuge
 - Hybridantriebe
 - Elektrofahrzeuge
- Brennstoffzellen-/Hybridfahrzeuge: Konzepte und Betriebsmodi
- HV-Komponenten: z. B. Brennstoffzellen, HV-Batterien und -Akkumulatoren, Leistungselektronik, DC/DC-Wandler, Drehstrom-, Synchron- und Asynchronmaschinen, sonstige sicherheitskritische Komponenten
- Federal ECE Regel 100
- Motor Vehicle Safety Standard 305 (FMVSS 305)
- Zeichnen von Energieflüssen bei verschiedenen Betriebsarten des Hybrid-Systems
- Berechnen von Körperströmen bei Isolationsfehlern und deren Gefahren
- Gefährdungsbeurteilung Brennstoffzellen-/Hybridfahrzeuge
- Schutzklassen/-arten
- R_i von verschiedenen NiMH-Zellen bestimmen
- Spannungsfreiheit am 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 Potential) an hochohmigen Kreisen am konventionellen Fahrzeug unter Berücksichtigung des R_i der Messmittel
- Kapazitäts- und Induktivitätsbestimmung mit DSO und Multimeter
- Bestimmen von Pulsweite, Frequenz am konventionellen Fahrzeug mit dem DSO
- Schaltungen zur Gleichspannungstransformation mit und ohne Potentialtrennung aufbauen/verstehen
- Mess-Übungen am Hybrid-Fahrzeug: Lage der Komponenten, Stecken und Ziehen des Wartungssteckers (Service Disconnect), Überprüfung der Potentialfreiheit (Isolation), Messungen HV+ gegen HV- und gegen Karosserie
- Kennzeichnungen nach Fahrzeugnormen / DIN VDE-Normen / Unfallverhütungsvorschriften
- Leitungen und Kabel:
 - Aderaufbau, Ader- und Mantelisolierung
 - Aderkennzeichnung nach DIN VDE 0293
 - Fachgerechte elektrische Verbindungen
 - Zurichten von fein- und feinstdrähtigen Leitungen

Anhang 7:

Flussdiagramm Qualifizierungsbedarf für Servicearbeiten

Ermittlung des Qualifizierungsbedarfs für Servicearbeiten an HV-eigensicheren Serienfahrzeugen



Anhang 8:

Qualifikation für Personen mit elektrotechnischen Vorkenntnissen im Kraftfahrzeugbereich für Arbeiten an HV-eigensicheren Kraftfahrzeugen in Servicewerkstätten

beispielsweise Kfz-Elektriker, Kfz-Mechatroniker, Kfz-Mechaniker

Zeitlicher Umfang theoretischer Anteil mindestens 8 UE

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

Fachverantwortung

- Rechtsfolgen
(Was darf ich tun? Was folgt bei Missbrauch? Kein Arbeiten unter Spannung!)
- Leitung und Aufsicht durch Elektrofachkraft

Elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe

- Auswirkungen auf den Menschen
- Reizschwellen
- Loslassschwelle
- Herzkammerflimmern
- Verbrennungen
- Einwirkungsdauer des Stromes auf den Körper
- Widerstand des menschlichen Körpers
- Gefährliche Körperströme
- Maximale Berührungsspannung
- Allgemeines zur Ersten Hilfe
- Unfälle durch den elektrischen Strom
- Maßnahmen bei Verletzungen
- Erste Hilfe bei Verletzungen durch den elektrischen Strom

- Aufzeichnung der Erste-Hilfe-Leistungen
- Unfallmeldung

Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung 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
 - Netzformen
 - Schutzmaßnahmen im IT-System
- Aufgabe des Schutzpotenzialausgleiches
- Prüfung der Schutzmaßnahmen
- Überprüfung des Isolationsvermögens z. B. durch Prüfung über On-Board-Systeme oder Diagnosesysteme
- Sichtkontrolle
- Prüfung der Aufschriften

Elektrische Anlagen und Betriebsmittel nach BGV/GUV-V A3 und VDE 0105-100

- Gefährdungsbeurteilung für Arbeiten an HV-Fahrzeugen zur Unterstützung des Unternehmers
- Inhalte „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-A3) und DIN VDE 0105-100, Maßnahmen zur Unfallverhütung:
Die ersten drei der fünf Sicherheitsregeln
 - HV-System spannungsfrei schalten

- gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Instandhaltung, Inbetriebnahme, Wartung und Service - Definition der Begriffe
- Maßnahmen bei der Fehlersuche an unter Spannung stehenden Teilen z. B. durch Prüfung über On-Board-Systeme oder Diagnosesysteme
- Kenntnisse zu möglicher persönlicher Schutzausrüstung und Hilfsmittel
- Hinweisende Sicherheitstechnik, Warnschilder

HV-Konzept und Fahrzeugtechnik

- Einführung in das Thema „Alternative Antriebe“
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise von alternativen Antrieben
- Definition HV-Fahrzeug, Erläuterung „HV-Eigensicheres Fahrzeug“
- HV-Batterien und -Akkumulatoren, Leistungselektronik, DC/DC-Wandler, Drehstrom-, Synchron- und Asynchronmaschinen, sonstige HV-Komponenten
- Brennstoffzellenfahrzeuge
- Hybridantriebe
- Elektrofahrzeuge

Allgemeines praktisches Vorgehen

- HV-System spannungsfrei schalten
- gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen

Anhang 9:

Vorschriften, Regeln, Literatur

1. **Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sowie Grundsätze**

Unfallverhütungsvorschrift

„Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1)

„Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-V A3)

2. **Normen**

DIN EN 60529 (VDE 0470-1) „Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)“

DIN VDE 0682-401 „Spannungsprüfer Teil 3: Zweipoliger Spannungsprüfer für Niederspannungsnetze“

DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“

DIN VDE 1000-10 „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“

DIN VDE 0100-600 „Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannung bis 1000 V“

DIN VDE 0293-1 „Kennzeichnung der Adern von Starkstromkabeln und isolierten Starkstromleitungen mit Nennspannungen bis 1 000 V-Kennzeichnung der Adern von Starkstromkabeln und isolierten Starkstromleitungen mit Nennspannungen bis 1 000 V“

DIN VDE 0293-308 „Kennzeichnung der Adern von Kabeln/Leitungen und flexiblen Leitungen durch Farben“

Federal ECE Regel 100 ECE Regelung Nr. 100 “Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge hinsichtlich der besonderen Anforderungen an die Bauweise und die Betriebssicherheit“

3. **Literatur**

Motor Vehicle Safety Standard 305 (FMVSS 305) “LABORATORY TEST PROCEDURE FOR ELECTRIC POWERED VEHICLES: ELECTROLYTE SPILLAGE AND ELECTRICAL SHOCK PROTECTION” U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION

Autoren:

Dr. Joachim Dreyer,

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

Albert Först,

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd

Wolfgang Pechoc

Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse

René Stieper,

Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd

Abbildungsverzeichnis:

Titelbild:	©iStock, Alexey Dudoladov; Arkadi Bojaršinov	1
Bild 1:	Servicestecker	10
Bild 2:	Kennzeichnung „Gegen Wiedereinschalten sichern“	10
Bild 3:	„Spannungsfreiheit feststellen“	11
Bild 4:	Basisschutz durch Isolation und Abdeckung	19
Bild 5:	Beispiele für die Kennzeichnung von HV-Komponenten	38

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung (DGUV)**

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de