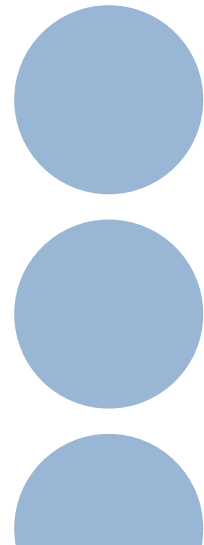


Hochvoltssysteme

Gefährdungen und Schutzmaßnahmen

ID 042461



1

Agenda

- Hochvolt (HV) System
 - Aufbau
 - Gefährdungen
 - Schutzmaßnahmen
- Arbeitsschutz
- Qualifizierung
- Brandgefahr



Quelle: olivier26/123RF.com

ID 044117

2

Hochvolt im Kfz

Hochvolt (HV) ist ein Begriff aus der Fahrzeugtechnik (Elektro, Hybrid, Brennstoffzelle) und beschreibt Spannungen oberhalb von

- 30 V AC (alternating current, Wechselstrom)
oder
- 60 V DC (direct current, Gleichstrom)



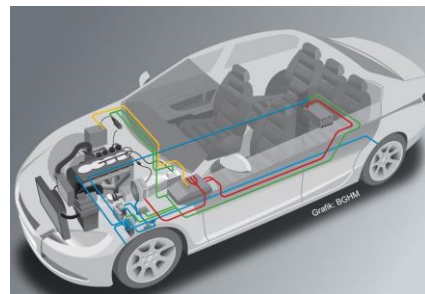
ID 017046

3

Hochvoltssysteme (HV) im Kfz

Komponenten von Elektro- und Hybridfahrzeugen

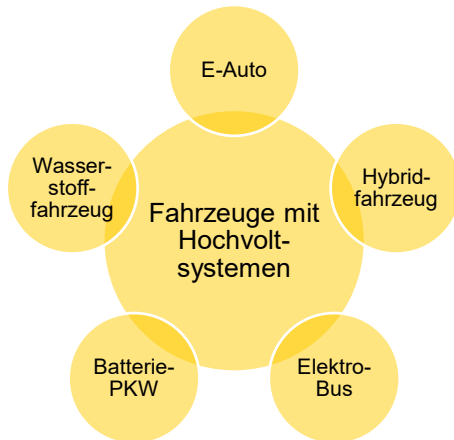
- HV-Batterie
- Elektromotor
- Inverter (Spannungswandler)
- HV-Kabelstrang
- Klimakompressor, elektr. Heizgerät, DC/DC-Wandler, Ladegerät...



ID 043551

4

Fahrzeuge mit Hochvoltssystemen



Elektro-PKW = BEV + PHEV

BEV: reiner Batterieelektroantrieb

PHEV: plug-in Hybridantrieb

Quelle: DGUV Information 209-093

ID 033793

6

Gefährdungen durch elektrischen Strom

Arten von Stromunfällen



Grafik: BGHM

ID 033796

7

Arten von Stromunfällen

- Körperdurchströmung
- Störlichtbogenbildung
- Sekundärnfall in Folge von Körperdurchströmung / Störlichtbogen



ID 031011a

8

Mögliche Folgen von Stromunfällen / Gesundheitsschäden

1. Körperdurchströmung

- Muskelverkrampfungen
- Strommarken
- innere Verbrennungen
- Herzkammerflimmern
- Atemstillstand
- Herzstillstand

2. Störlichtbogenbildung

- Augenverblitzungen
- Verbrennungen, ggf. Todesfolge

3. Sekundärnfall

- Schreckreaktion, unkontrollierte Bewegungen oder Absturz

ID 017047

9

Tätigkeitsfelder bei Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-Antrieben (Hybrid- und E-Fahrzeuge)

- Servicearbeiten an Serienfahrzeugen
- Produktions- und Herstellungsprozess
- Forschung, Entwicklung

ID 017049

11

Arbeiten an Serienfahrzeugen



© Sergey Leonov / 123RF.com

ID 044118

12



Arbeiten an Serienfahrzeugen

- Bedienen von Fahrzeugen
- Durchführung nicht elektrotechnischer Arbeiten
 - allgemeine Instandhaltungsarbeiten
- Durchführung elektrotechnischer Arbeiten
 - im spannungsfreien Zustand
 - unter Spannung am HV-System und Arbeiten in der Nähe berührbarer unter Spannung stehender Teile
- Verschrottung

ID 017051

13



Hochvoltsicherheit im Fahrzeug...

- gewährleistet durch **technische Maßnahmen** am Fahrzeug einen **vollständigen Berührungs- und Lichtbogenschutz** für Mitarbeitende gegenüber dem HV-System.
- Ein einfacher Fehler darf in keinem Fall zu einer Gefährdung führen!
- Nutzfahrzeuge oder Kleinserien haben ggf. weniger technische Schutzmaßnahmen!

ID 017050

14

Schutzmaßnahmen der Hersteller

- HV-Batterie und Leitungen befinden sich außerhalb aufprallgefährdeter Zonen
- HV-System ist eigenständiges isoliertes Stromnetz und nicht mit Fahrzeugmasse verbunden
- Überwachung der Isolation der aktiven Leiter gegeneinander und gegen Fahrzeugmasse
- Auslösen eines Airbags führt zur HV-Abschaltung
- Abschaltung des gesamten HV-Systems durch eine Trenneinrichtung (z. B. Service Disconnect)
- Einheitliche, eindeutig erkennbare Kennzeichnung aller HV-Komponenten, z. B. orange Leitungen, Warenaufkleber an HV-Komponenten



ID 044115

15

Schutzmaßnahmen der Hersteller

- Sicherheitsfunktionen, z. B. Unterbrechungserkennung (Interlock), durch den Hauptkontakten voreilende Signalkontakte
- orangefarbene HV-Kabel und einheitliche Kennzeichnung von HV-Komponenten
- Warnhinweise



ID 044116

16

Schutzmaßnahmen im Service

- Freischaltung des HV-Systems
- 5 Sicherheitsregeln
 - Freischalten
 - Gegen Wiedereinschalten sichern
 - Spannungsfreiheit feststellen
 - Erden und kurzschließen
 - Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- Einhalten der Herstellervorgaben, Reparatur-, Wartungs-, und Serviceanleitungen
- Qualifikation der Mitarbeitenden



ID 030860

17

Ausgangslage

- KFZ-MechatronikerInnen, KarosseriebauerInnen, ZweiradmechanikerInnen, FahrzeuglackiererInnen... (mit elektrischen Kenntnissen im 12V Bereich) erfüllen nicht die Voraussetzungen als Elektrofachkraft an Hochvoltfahrzeugen arbeiten zu dürfen!
- Elektrofachkräfte erfüllen nicht die Voraussetzungen im Automobilhandwerk tätig zu sein.



ID 044119

18

Unternehmerpflichten

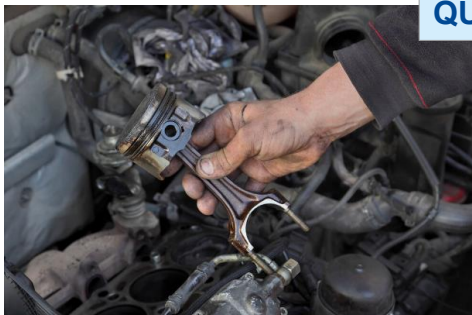
Gesamtverantwortung:

- Unternehmer / Vorgesetzte mit übertragenen Unternehmerpflichten
z. B.:
- nur ausreichend **qualifiziertes** Personal führt Arbeiten an HV-Systemen von Fahrzeugen durch
 - Erstellen von **Arbeitsanweisungen** beim Umgang mit HV-Systemen
 - Festlegen des **Aufgaben- und Kompetenzbereiches** der Mitarbeiter je nach Art der durchzuführenden Tätigkeit

ID 017053

19

Kfz-Mechaniker Kfz-Mechatroniker



© sima/123RF.com

Fachkundige Person Hochvolt



© romanzaiets/123RF.com

QUALIFIKATION

ID 017056

20

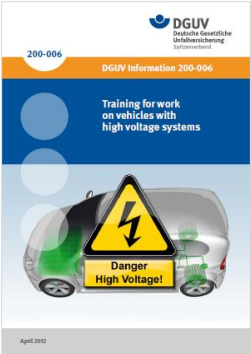
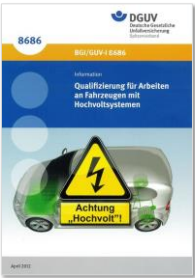


Das Regelwerk der DGUV

2021 DGUV Information 209-093

2012 DGUV Information 200-005 (200-006)

2010 BGI 8686



ID 017433



DGUV Information 209-093

Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvolt-Systemen

3 Abschnitte

- 3 Organisation
- 4 Forschung, Entwicklung, Produktion
- 5 Serienfahrzeuge

	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 Hochvolt-Systemen	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 Schutz- maßnahmen 24		5.1.2	Qualifikation Stufe 5: Sensibilisierte Person 44
4 Qualifizierung für Arbei- ten an Hochvolt-Systemen 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

ID 043552

DGUV Information 209-093 4 & 5 Qualifizierung

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

Quelle: DGUV, DGUV Information 209-093

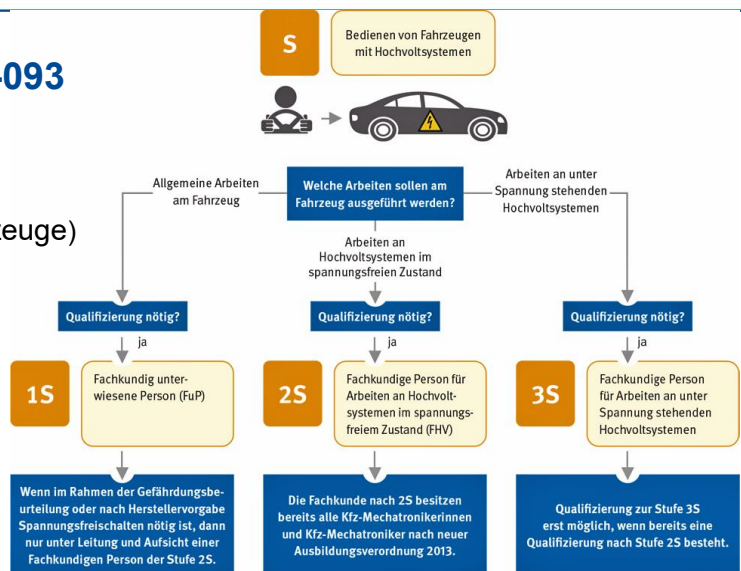
ID 044135

23

DGUV Information 209-093

5

Qualifizierung für Arbeiten an Hochvoltssystemen (Serienfahrzeuge)



© Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e.V. (ZDK)

ID 044126

24

DGUV Information 209-093 5

Qualifizierung Stufe 2S

Einstieg A

Personen ohne elektrotechnische Vorkenntnisse mit technischer Ausbildung

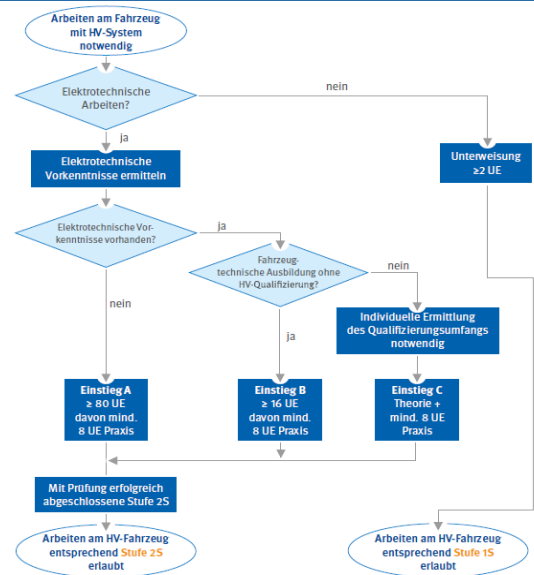
Einstieg B

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

Einstieg C

Personen mit theoretischen elektrotechnischen Kenntnissen

Grafik: DGUV, DGUV Information 209-093, S. 69



ID 043730

25

DGUV Information 209-093 - 5 Qualifizierung Stufe 3S

Arbeiten an der HV-Batterie und Austausch von Zellen ist

„Arbeiten unter Spannung“!

- gesundheitliche Eignung, Mindestalter 18 Jahre, Erste-Hilfe-Ausbildung, Stufe 2S, 1 Jahr Praxiserfahrung
- Organisation (Technologien, Werkzeuge, PSA, Prüfungen auf sicheren Zustand)
- **Verbot von Alleinarbeit**, Planung von Notfallmaßnahmen
- Einhaltung von Hersteller-Vorgaben



ID 043560

26

Aktueller Stand zur Ausbildung

Kfz-MechatronikerInnen bekommen die notwendigen Inhalte für Arbeiten an Hochvoltfahrzeugen bereits in der Ausbildung vermittelt (Stufe 2S):

Seit 06/2013 **Kfz-Mechatronik**

Schwerpunkte:

Personenkraftwagenteknik, Nutzfahrzeugtechnik, Motorradtechnik, Karosserietechnik, System- und Hochvolttechnik (Stufe 3S)

Seit 06/2014 **Karosserie- und Fahrzeugbaumechanik**

Schwerpunkte:

Karosserieinstandhaltungstechnik, Karosserie- und Fahrzeugbautechnik

Schnittstelle zur Elektrofachkraft ist die Ladesteckvorrichtung am Fahrzeug!

ID 044127

27

Zertifikate



ID 043502

28

Hochvolt-Servicewerkstatt

- Welche Arbeiten an welchen Fahrzeugen werden durchgeführt?
- MitarbeiterInnen unterweisen / qualifizieren
- Externe Ansprechpartner
- Fahrzeuge / Bereiche kennzeichnen
- Abschleppen mit Plateaufahrzeug
- Herstellervorgaben
- Werkzeuge, Messinstrumente, PSA
- Havarie-Konzept (Feuerwehr, Sachversicherung)
- Sichere Abstellfläche



ID 043561

29

Anforderungen an Arbeitsplatz und Arbeitsmittel

- Kennzeichnung des Arbeitsbereiches und des Fahrzeugs bei Spannungsfreiheit nach Freischaltung, Arbeiten an der Hochvoltanlage im spannungsfreien Zustand sowie allgemeine Reparatur- und Wartungsarbeiten (Verbrennungsmotor, Bremsen etc.)
- Arbeiten nur mit vom Fahrzeughersteller freigegebenen Arbeitsmitteln unter der Verwendung der vorgeschriebenen PSA
- Einrichtung Quarantäneplatz für Fahrzeuge, Batterien mit unklarem Zustand
- Kennzeichnung des Arbeitsbereiches und des Fahrzeuges bei aktiver Hochvoltanlage, für alle am Fahrzeug durchzuführenden Reparatur- und Wartungsarbeiten



ID 043725

30

Brandgefährdung



Quelle: © marsono / 123RF.com

ID 034912

41

Begriffsbestimmung - Hochvoltpeicher, Batterie, Modul, Zelle, Akku

Aufbau eines Hochvoltspeichers zum Einsatz im Kfz:

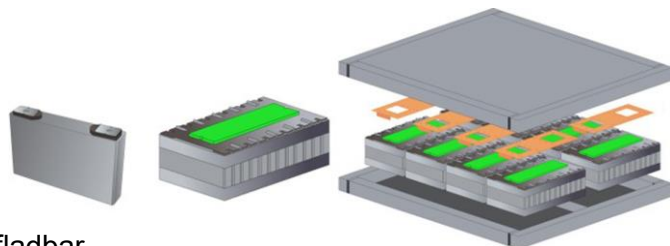
Zelle – Modul – Speicher

Speicher = Batterie

Primärzelle: nicht aufladbar

Sekundärzelle / Akku: wieder aufladbar

LIB: Lithium-Ionen-Batterie



Quelle: BGHW/DGUV, Fachbereich Aktuell FBHM-124

ID 044125

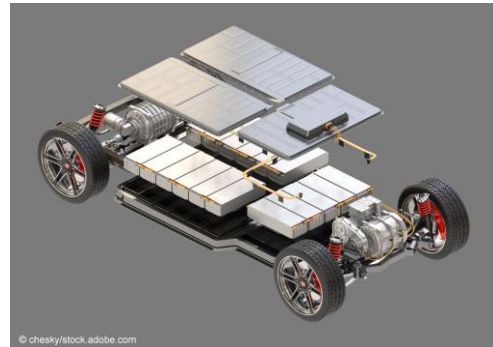
42

Hochvoltspeicher

Lithium-Batterien / Hochvoltspeicher
sind Erzeugnisse nach REACH
→ per Definition keine Gefahrstoffe!

Unfall- und Sachversicherung
empfehlen:

Lithium-Batterien sind innerbetrieb-
lich wie ein Gefahrstoff zu behandeln
und zu lagern (siehe auch VdS 3103).



ID 044128

43

Brandgefährdung

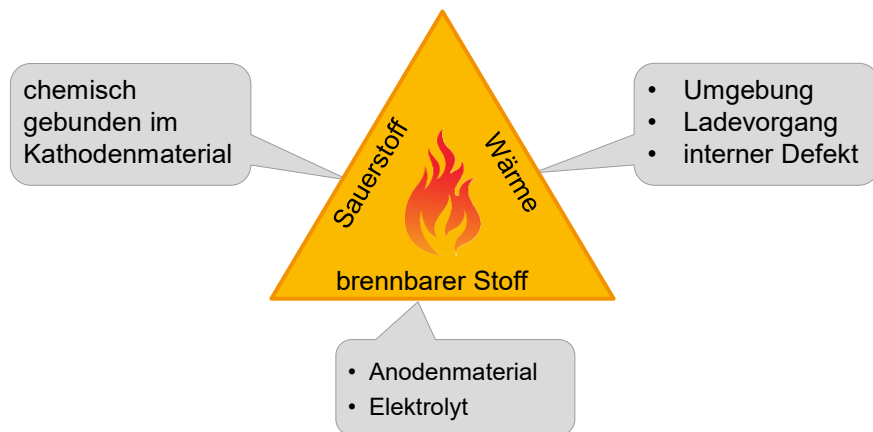
- gesamter Lebenszyklus kann betroffen sein
- Temperaturen bis 1400°C
- Rauch- und Gasentwicklung
- „Ausschalten“ kaum möglich
- Brandentstehung auch zeitverzögert möglich
- Die Batterie beinhaltet alles, was zum Brand notwendig ist
- Jeder Brandfall ist anders
- Löschen ist ggf. schwierig



ID 044129

44

Branddreieck



ID 044130

45

Thermisches Durchgehen, Thermal Runaway - Indikatoren

- Rauchentwicklung aus der Batterie,
- Geräuschentwicklung (Zischen, Pfeifen, Knattern),
- Funkenflug und Stichflammenbildung,
- Aromatischer Geruch,
- Temperaturerhöhung des Batteriegehäuses über einen längeren Zeitraum (Beobachtung),
- ...



© DGUV, FBFB-018: Hinweise zum betrieblichen Brandschutz bei der Lagerung und Verwendung von Lithium-Ionen-Akkus

ID 043500

46

Betriebliche Notfallvorbereitung

Im Rahmen der betrieblichen Gefährdungsbeurteilung sind die geeigneten Notfallmaßnahmen festzulegen.

Grundsätzliche Vorgehensweise:

- **Detektieren**
- **Separieren**
- **Analysieren**

ID 043501

47

Detektieren

Möglichkeiten, um ein Ereignis zu detektieren:

- mechanische Verformung
- Schlag-, Schock-, Überdrucksensorik
- Batteriemanagementsystem (BMS)
- Wärmebild
- Temperatursensorik
- Rauchmelder / Brandmelder
- Visuelle Kontrolle
- Überwachung einer möglichen Tiefenentladung
- Fahrzeugparameter / Steuergeräte



© texelart / 123RF.com

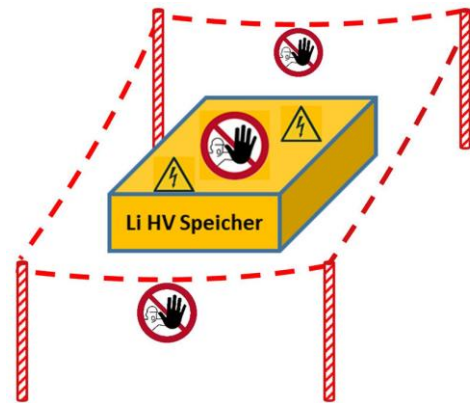
ID 017058

48

Separieren

Kritische oder potenziell kritische Batterien:

- Gefahrenbereich räumen
- wenn möglich, Energiespeicher aus dem Arbeitsbereich entfernen
- auf sicherer Ruhefläche im Freien abstellen
- Eigenschutz durch Persönliche Schutzausrüstung (PSA) sicherstellen
- Feuerwehr alarmieren
- Herstellerhinweise beachten



© BO ETEM - „Facharbeitsgruppe Elektroenergiespeicher - Lithium-Ionen-Batterien“

ID 044131

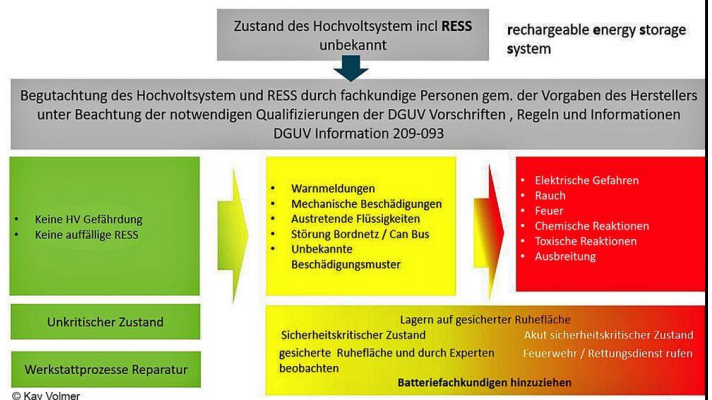
49

Analysieren

(Potenziell) kritische Batterien oder Batterien mit unklarem Zustand müssen nach der Separation von batteriefachkundigen Personen überprüft werden.

- Qualifikation gemäß DGUV-Information 209-093 Stufe 3
- Herstellerspezifische Batterieschulung
- Herstellervorgaben

Im Zweifel:
Immer die Feuerwehr alarmieren!



© Kay Volmer

ID 044132

50

Brandbekämpfung

Bei Bränden von LIB (auch Fahrzeugbatterien) wird von der Feuerwehr Wasser als Löschmittel empfohlen.

Durch frühzeitige und lange Kühlung des Akkus kann der „thermal runaway“ verhindert werden.

Regelmäßige Kontrolle der Wärmeentwicklung des Akkus.

Kein ausreichender Kühleffekt:
Metallbrandpulver, Sand, ABC-Pulver oder CO₂



ID 007697

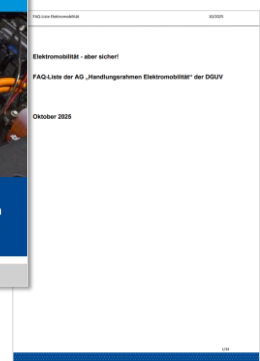
51

Informationsquellen

DGUV Fachbereich Holz und Metall -
Themenfeld Fahrzeugelektrik, Mechatronik
<https://www.dguv.de> Webcode [d1116857](#)

DGUV Information 209-093
"Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen
mit Hochvoltssystemen"
<https://www.dguv.de> Webcode [p209093](#)

FAQ-Liste der AG Handlungsrahmen Elektromobilität
<https://www.dguv.de> Webcode [d1043731](#)



Quelle: DGUV

ID 044136

53

Informationsquellen

Fachbereich Aktuell

FBHM-123 „Herstellung von Hochvoltspeichern“

<https://www.dguv.de> Webcode [22162](#)

Fachbereich Aktuell

FBHM-124 „Umgang mit Hochvoltspeichern“

<https://www.dguv.de> Webcode [22163](#)

Fachbereich Aktuell

FBFHB-024 „Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus bei Fahrzeugbränden“

<https://www.dguv.de> Webcode [p021551](#)



Quelle: DGUV

ID 017059