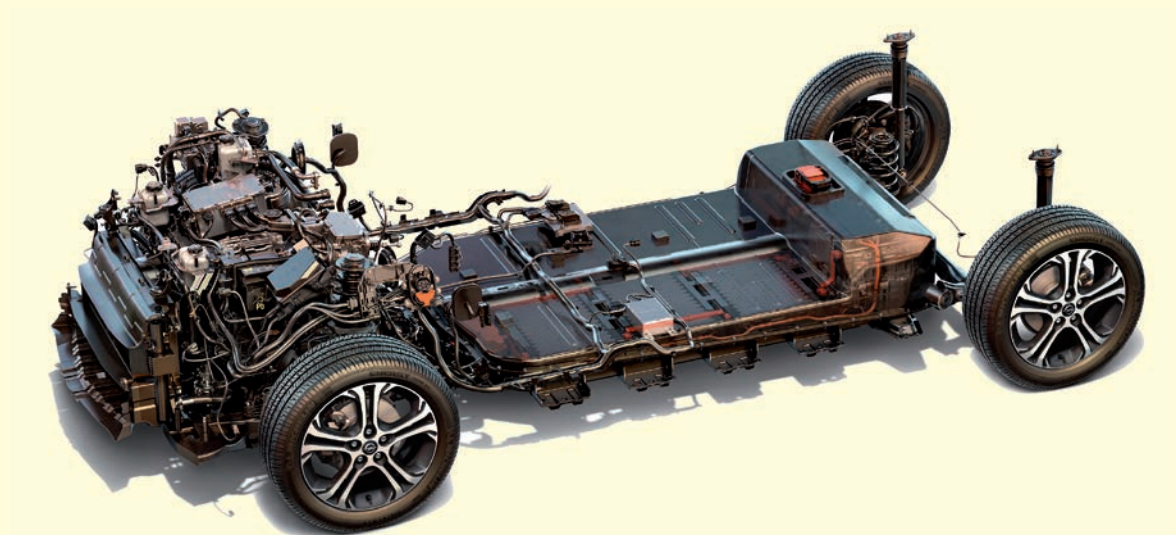


# Einsatzhinweise für alternativ angetriebene Fahrzeuge und alternative Energieträger



Ausgabe: Oktober 2018 · Frank Hüsck

Urheberrechte:

© 2018 Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg, Bruchsal. Alle Rechte vorbehalten



**Baden-Württemberg**

LANDESFEUERWEHRSCHULE

## Inhalt

1	Vorwort .....	4
2	Alternative Antriebe und alternative Enegeträger.....	4
2.1	Reine Elektrofahrzeuge/Batterieelektrische Fahrzeuge BEV .....	4
2.2	Plug-In-Hybrid Fahrzeuge .....	4
2.3	Fahrzeug mit Brennstoffzelle.....	4
3	Fahrzeuge mit Gasantrieb.....	5
3.1	Flüssiggasantriebe (LPG).....	5
3.2	Erdgasantriebe (CNG).....	5
3.3	Erkennungsmerkmale .....	5
3.4	A U T O - Regel .....	5
4	Fahrzeuginformationen .....	6
4.1	Rettungsdatenblätter.....	6
4.2	Softwarelösungen .....	6
4.3	Kennzeichenabfrage nach Straßenverkehrsgesetz (StVG) .....	7
5	Vorgehen bei Hybrid- und Elektroantrieben.....	7
5.1	Feststellung der Antriebsart.....	7
5.2	Schutzmechanismen und Warnhinweise.....	8
5.2.1	Galvanische Trennung.....	8
5.2.2	Berührungsschutz .....	8
5.2.3	Permanente HV-Leitungsüberwachung .....	9
5.2.4	Automatisierte Abschaltung der HV-Komponenten .....	9
5.2.5	Warnhinweise.....	9
5.3	Einsatzhinweise.....	9
5.3.1	HV-Batterie .....	10
5.3.2	Mobile Ladestationen.....	11
5.3.3	Stationäre Ladestationen .....	11
5.3.4	Öffentliche Ladestationen (AC/DC).....	12
5.4	Einsatzstandards.....	13
5.4.1	Unfall ohne offensichtliche Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten .....	13
5.4.2	Unfall mit Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten .....	13
5.4.3	Unfall mit Brand der Antriebsbatterie und HV-Komponenten oder nur Brand .....	13
5.4.4	Fahrzeug mit HV-Komponenten im Wasser .....	13
5.5	Vollständige Deaktivierungen von Fahrzeugen mit HV-Komponenten .....	14
6	Vorgehen beim Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb .....	15
6.1	Feststellung der Antriebsart.....	15
6.2	Einsatzhinweise.....	15
6.2.1	Wasserstoffaustritt.....	15
6.2.2	Fahrzeugbrand .....	16

6.2.3 Fahrzeug im Wasser .....	16
6.3 Einsatzstandards.....	16
6.3.1 Unfall ohne offenkundige Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten ohne Beteiligung der Wasserstoffkomponente .....	16
6.3.2 Unfall mit Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten ohne Beteiligung der Wasserstoffkomponente .....	16
6.3.3 Unfall mit Beschädigung der Wasserstoffkomponente, Wasserstoffaustritt .....	17
6.3.4 Unfall mit Brand der Antriebsbatterie und HV-Komponenten mit allmählicher Wärmebeaufschlagung der Wasserstoffkomponente .....	17
7 Vorgehen bei Gasantrieben.....	18
7.1 Feststellung der Antriebsart.....	18
7.2 Einsatzhinweise.....	18
7.2.1 Gasaustritt .....	18
7.2.2 Fahrzeugbrand .....	18
7.3 Einsatzstandards.....	18
7.3.1 Unfall ohne Beteiligung der Gasanlage.....	18
7.3.2 Unfall mit Beschädigung der Gasanlage, Gasaustritt.....	18
7.3.3 Fahrzeugbrand .....	19
8 Einsatzverlaufsplan.....	19
8.1 Verlaufsplan bei Technischer Hilfeleistung mit Verkehrsunfall .....	20
9 Aussichten.....	21
10 Begriffsbestimmungen .....	21
10.1 Elektrisch isolierend.....	21
10.2 Galvanische Trennung.....	21
10.3 Hochvolt (HV).....	21
10.4 Hochvolt-Komponenten .....	21
10.5 Hochvolt-Energiespeicher (HV-Batterien).....	21
10.6 Trennstellen.....	21
10.7 Sicherheitseinrichtungen .....	22
11 Schlusswort.....	22
12 Quellenangaben.....	22

## 1 Vorwort

Aufgrund der Zeichen des Klimawandels und knapper werdenden Rohstoffe wird die Entwicklung von alternativ angetriebenen Fahrzeugen vorangetrieben. Politisch wird eine weite Verbreitung gefördert. Fast jeder Automobilhersteller stellt bereits Serienfahrzeuge mit „Alternativen Antriebskonzepten“ her. Diese unterschiedlichen Konzepte und die steigende Anzahl der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben führen dazu, dass sich Rettungskräfte weltweit mit den Themen „Alternative Antriebe und Energieträger“ befassen müssen. Dies betrifft die allgemeinen Prozesse und die Vorgehensweisen bei der Personenrettung nach Verkehrsunfällen und Fahrzeugbränden, aber auch das Wissen um die Antriebskonzepte und deren rettungstechnischen Besonderheiten. Die folgenden Ausführungen bieten daher Hintergrundwissen und beschreiben einsatztaktische Maßnahmen für alternativ angetriebene sowie mit alternativen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Systeme und Unfallszenarien können die nachfolgenden Empfehlungen nur eine Hilfestellung beim Erkunden und Vorgehen sein. Sie sind als Ergänzung zu den Feuerwehrdienstvorschriften, Richtlinien und Rettungsdatenblätter der Fahrzeughersteller gedacht.

## 2 Alternative Antriebe und alternative Energieträger

Antriebssysteme von Kraftfahrzeugen bestehen generell aus mindestens einem Energieträger (Kraftstoff) und einem Energiewandler (Motor). Bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen sind dies Benzin oder Diesel sowie ein Verbrennungsmotor. Da nur eine Kraftstoffart verwendet wird, spricht man hier von einem monovalenten Antrieb. Bei alternativen Antrieben können sowohl die Zahl und die Art der Energiespeicher, als auch die der Energiewandler variieren. Ottomotoren (Benzin) können ohne große grundlegende Modifikationen mit Flüssiggas (LPG<sup>1</sup>) oder Erdgas (CNG<sup>2</sup>) betrieben werden. Dies kann entweder direkt vom Fahrzeughersteller in Serie (auch bei Bussen und Lkw), oder im Rahmen einer nachträglichen Umrüstung des ausgelieferten Fahrzeugs erfolgen. Bei einer Umrüstung bleibt der Benzintank meist erhalten. Ein zusätzlicher Druckgasbehälter wird dann im Fahrzeug verbaut. Wenn zwei Kraftstoffarten verwendet werden (zwei Energiespeicher bei einem Energiewandler), handelt es sich um bivalente Fahrzeuge. Hinzu kommen rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge oder mit Elektrokomponenten ergänzte Fahrzeuge. Letztere arbeiten in der Regel mit den beiden Energiewandlern Verbrennungsmotor und Elektromotor sowie den zugehörigen Energiespeichern Benzin oder Diesel und Hochvolt-Batterie (Hybridfahrzeuge).

### 2.1 Reine Elektrofahrzeuge/Batterieelektrische Fahrzeuge BEV

Bei reinen Elektrofahrzeugen müssen die Hochvolt-Batterie (HV-Batterien) heute schon Energie für 350 bis 500 Kilometer Fahrleistung speichern können. Diese HV-Batterien benötigen viel Platz und sind teils bis zu 700 kg schwer. Der Einbauort befindet sich meist im Unterboden (siehe auch fahrzeugspezifische Rettungsdatenblätter). Die Ladung erfolgt über das Stromnetz bzw. Energierückgewinnung beim Bremsen (Rekuperation).

### 2.2 Plug-In-Hybrid Fahrzeuge

Dieser Fahrzeugtyp hat sowohl einen Verbrennungsmotor als auch einen Elektroantrieb mit einer HV-Batterie. Die HV-Batterie kann sowohl mit Hilfe des Verbrennungsmotors, durch Rekuperation als auch über eine Verbindung mit einer Ladesäule oder elektrischen Energiequelle, z. B. auch einer Steckdose geladen werden.

### 2.3 Fahrzeug mit Brennstoffzelle

Bei Fahrzeugen mit Brennstoffzelle wird elektrische Energie i. d. R. aus dem Energieträger Wasserstoff durch eine Brennstoffzelle erzeugt. Diese wird dann direkt mit dem Elektroantrieb in Bewegung umgewandelt oder zeitweise in einer kleinen HV-Batterie zwischengespeichert.

---

<sup>1</sup> Liquefied Petroleum Gas

<sup>2</sup> Compressed Natural Gas

### 3 Fahrzeuge mit Gasantrieb

Im Bereich der gasangetriebenen Fahrzeuge unterscheidet man zwischen unterschiedlichen Gasarten:

- LPG = „Liquefied Petroleum Gas“ (Autogas)
- CNG = „Compressed Natural Gas“ (Erdgas)

#### 3.1 Flüssiggasantriebe (LPG)

Flüssiggas hat im gasförmigen Aggregatzustand bei Normaldruck eine höhere Dichte als Luft und ist somit schwerer als Luft. Es wird in einem Flüssiggasdruckbehälter (Speicherdruck ca. 8 bar), meist in der Reserve- radmulde, gespeichert. Die Flüssiggasdruckbehälter können unterschiedliche Formen haben. Fahrzeuge mit Flüssiggasantrieb kommen hauptsächlich als Nachrüstvariante vor.

#### 3.2 Erdgasantriebe (CNG)

Erdgas hat im gasförmigen Aggregatzustand bei Normaldruck eine geringere Dichte als Luft und ist somit leichter als Luft. Es wird in einer oder mehreren Druckgasflaschen (Speicherdruck 200 bar), meist unter dem Fahrzeugunterboden, gespeichert (siehe auch fahrzeugspezifische Rettungsdatenblätter).

#### 3.3 Erkennungsmerkmale

Für die richtige Beurteilung der Einsatzlage ist es erforderlich im Rahmen der Erkundung am Fahrzeug das vorhandene Antriebssystem frühzeitig festzustellen. Der Gesetzgeber schreibt den Herstellern keine einheitlichen Kennzeichnungen für alternativ angetriebene Kraftfahrzeuge vor, daher kann es sich grundsätzlich bei jedem an der Einsatzstelle angetroffenen Fahrzeug um eines mit alternativem Antriebskonzept oder alternativen Energieträger handeln.

#### 3.4 A U T O - Regel

Die AUTO-Regel kann als Hilfestellung bei der Erkundung dienen. Ihre Anwendung macht es möglich, die verschiedenen Antriebsarten von Fahrzeugen zu erkennen, um die damit verbundenen Risiken einzuschätzen und die notwendigen Einsatzmaßnahmen einzuleiten.

**A** – Austretende Betriebsmittel

**U** – Unterbodenkontrolle

**T** – Tankstutzen / Tankanschlüsse

**O** – Oberflächenkontrolle (Beschriftungen)



Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung 4

## 4 Fahrzeuginformationen

### 4.1 Rettungsdatenblätter

Die Rettungsdatenblätter stellen den Rettungskräften an der Einsatzstelle detaillierte Fahrzeuginformationen zur Unterstützung der patientenorientierten Rettung zur Verfügung. Diese Informationen finden auch bei anderen Einsatzarten (z. B. Fahrzeugbrände, Fahrzeuge im Wasser etc.) Verwendung. Auf einem Datenblatt sind alle einsatzrelevanten Informationen in Bezug auf Rettungsarbeiten am Fahrzeug enthalten, etwa die Darstellung des Fahrzeugs in Draufsicht und Seitenansicht mit Einbauorten verschiedener Bauteile (Energiespeicher, Batterie, Airbagkomponenten, Gurtstraffer, Strukturverstärkungen, Hochvoltbauteile und -leitungen) und mögliche Zusatzinformationen. So geben Rettungsdatenblätter auch über die vorhandene Antriebsart Aufschluss. Ist das Fahrzeug alternativ angetrieben, finden sich zusätzlich Informationen zur Deaktivierung (s. Beispiel in Abb. 4) in den Rettungsdatenblättern. Es gibt bisher nahezu von allen neueren in Europa verkauften (PKW und leichten Nutzfahrzeugen) Rettungsdatenblätter<sup>3</sup>. Die Anzahl beläuft sich aktuell auf über 1200 verschiedene Datenblätter.

#### Wichtig!

Rettungsdatenblätter in ausgedruckter Form enthalten nicht die Informationen zu Fahrzeugumbauten und Umrüstungen auf z. B. Flüssiggas. Bei Softwarelösungen in Verbindung mit der Kennzeichenabfrage wird meist auf Umbauten hingewiesen, aber nicht bildlich dargestellt.

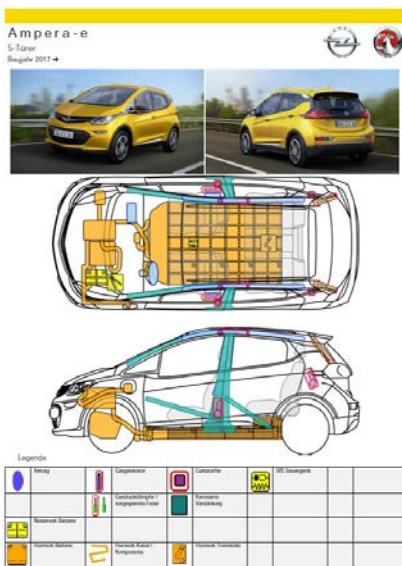


Abbildung 5

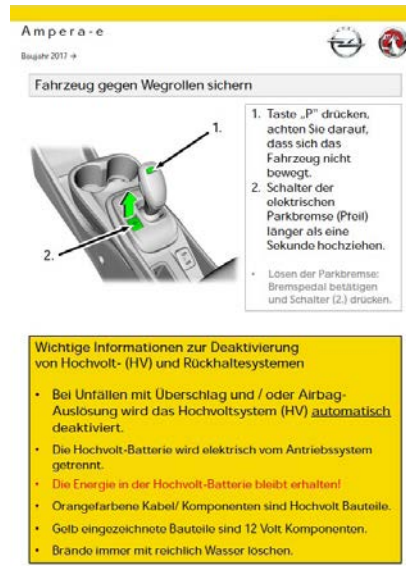


Abbildung 6



Abbildung 7

### 4.2 Softwarelösungen

Aufgrund der großen Menge der vorhandenen Rettungsdatenblätter ist das Handling und die ständige Aktualisierung schwierig. Hierzu bieten sich kommerzielle Softwarelösungen, ähnlich wie die der Gefahrstoffdatenbanken an. Es gibt bereits Anbieter von Softwarelösungen zur Fahrzeuginformationsgewinnung. Die Softwarelösungen bieten die Möglichkeit Rettungsdatenblätter in PDF-Format auszuwählen. Es gibt auch interaktive Lösungen, bei denen sogar Bauteile und Komponenten per Mausklick angewählt werden können um an Detailinformationen zu gelangen. Die Verwendung oben genannter Programme stellt in Verbindung mit der Kennzeichenabfrage eine sehr schnelle und zuverlässige Möglichkeit dar, Informationen zu erhalten.

<sup>3</sup> Die Rettungsdatenblätter können auf den Internetseiten der Automobilhersteller, beim VDA und VDIK unter folgenden Links heruntergeladen werden: VDA <https://www.vda.de/de/themen/sicherheit-und-standards/retten-und-bergen/rettungsdatenblaetter.html>, VDIK <http://www.vdik.de/arbeitsgebiete/technik/rettungsdatenblaetter.html>

### 4.3 Kennzeichenabfrage nach Straßenverkehrsgesetz (StVG)

Zur Nutzung von fahrzeugspezifischen Rettungsdaten ist das Bestimmen des genauen Fahrzeugtyps notwendig. Dies kann optimal über das Fahrzeugkennzeichen beim Kraftfahrt-Bundesamt erfolgen. Seit Februar 2013 können die integrierten-Leitstellen<sup>4</sup> die Kennzeichen abfragen und so entsprechende Rettungsdaten an die Einsatzkräfte vor Ort weiterleiten. Im StVG ist in § 35 „Übermittlung von Fahrzeugdaten und Halterdaten“ Abs. 1a festgelegt:

„Die (...) gespeicherten Daten über Beschaffenheit, Ausrüstung und Identifizierungsmerkmale von Fahrzeugen dürfen den Zentralen Leitstellen für Brandschutz, Katastrophenschutz und Rettungsdienst, wenn dies (...) erforderlich ist, zur Rettung von Unfallopfern übermittelt werden.“



Abbildung 8a



Abbildung 8b

#### **Wichtig!**

Bei der Kennzeichenabfrage wird auch die steuerlich relevante Kraftstoffart/Antriebsart übermittelt. Darin sind dann auch Nachrüstlösungen enthalten.

## 5 Vorgehen bei Hybrid- und Elektroantrieben

### 5.1 Feststellung der Antriebsart

Die einzig sichere Lösung zur Identifizierung ist die Kennzeichenabfrage. Behelfsmäßig kann die in Abschnitt 3.4 bereits erläuterte, **AUTO-Regel** angewendet werden. Folgende Erkennungsmerkmale oder Indizien für Fahrzeuge mit HV-Komponenten können vorhanden sein:

- Ein „E“ nach dem amtlichen Kennzeichen
- Typenbezeichnung (z. B. Hybrid, E-Golf, F-Cell)
- herstellereigene Designelemente
- nicht vorhandene Abgasanlage
- HV-Kabel und Steckverbindungen sind orangefarben gekennzeichnet
- Beschriftungen im Motorraum (z. B. Hybrid, Elektrik, etc.)

<sup>4</sup> Derzeit sind noch nicht alle integrierten-Leitstellen (Feuerwehr und Rettungsdienst) an die Möglichkeit der ZEVIS-Datenbank Abfrage angebunden. Das Antragsverfahren und die technischen Voraussetzungen müssen lokal über die zuständigen Stellen abgeklärt werden.



Abbildung 9



Abbildung 10



Abbildung 11

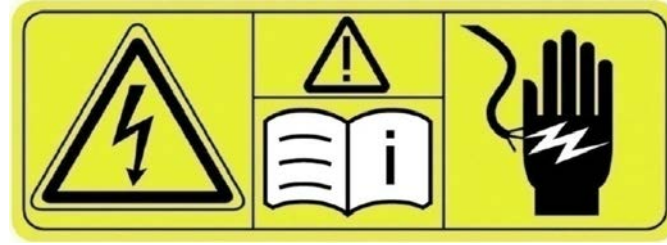


Abbildung 12

## 5.2 Schutzmechanismen und Warnhinweise

Fahrzeuge mit HV-Komponenten verfügen über eine Reihe von Schutzmechanismen, die auch redundant sind. Die Kenntnis der Mechanismen ist wesentlich für die Lagebeurteilung und die Planung von Rettungsarbeiten an einem verunfallten Fahrzeug. Im Folgenden werden diese Mechanismen kurz beschrieben (die Aussagen gelten für Serienfahrzeuge).



Abbildung 13

### 5.2.1 Galvanische Trennung

Unter galvanischer Trennung versteht man das konsequente Trennen der elektrischen Leitung zwischen zwei Stromkreisen. In diesem Fall ist der HV-Stromkreis vom 12/24/48 Volt Bordnetzstromkreis getrennt. Der HV-Stromkreis ist in sich geschlossen und hat keinen Masseschluss mit der Karosserie und keinen Erdschluss. Somit ist bei einer einfachen Berührung der Fahrzeugkarosserie ein Stromfluss durch den Körper nahezu ausgeschlossen.

### 5.2.2 Berührungsschutz

Berührungsschutz bedeutet, dass die Kontaktflächen spannungsführender Bauteile so angeordnet und isoliert sind, dass ein Berühren (z. B. Finger hineinstecken) selbiger ausgeschlossen ist.



### 5.2.3 Permanente HV-Leitungsüberwachung

Die HV-Leitungsüberwachung (HV-Interlock) überwacht die korrekte Verbindung von Steckverbindungen im HV-Stromkreis. Hierdurch wird eine elektrische Gefährdung durch unbeabsichtigtes, unsachgemäßes oder anderweitiges Trennen einer Hochvolt-Steckverbindung bei aktiver HV-Anlage unterbunden. Wird der HV-Stromkreis durch Abziehen einer der Steckverbindungen oder durch Trennen von HV-Leitungen unterbrochen, wird gleichzeitig auch die Überwachungslinie (Pilotlinie) getrennt. Das wird von der HV-Steuereinheit erkannt. Die Folge: Das Steuergerät öffnet umgehend die HV-Hauptrelais und schaltet die Anlage spannungsfrei.

### 5.2.4 Automatisierte Abschaltung der HV-Komponenten

Bei Unfällen mit Airbag-Auslösung wird bei den meisten Fahrzeugen eine automatische Abschaltung des HV-Systems durch das Airbag-Steuergerät herbeigeführt. Die Abschaltung erfolgt in den meisten Fällen direkt an der HV-Batterie. Die Abschaltung erfolgt auch, wenn die Isolationsüberwachung Fehler im Bordnetz erkennt.

### 5.2.5 Warnhinweise

Die HV-Komponenten einschließlich der Kabel und Steckverbindungen sind orangefarben ausgeführt und dadurch meist gut erkennbar. Zusätzlich gibt es Warnhinweise in Form von Aufkleber, welche auf HV-Komponenten hinweisen. Dabei muss beachtet werden, dass manche Leitungen und Steckverbindungen zum Schutz gegen äußere Einflüsse eingehaust und so nicht immer direkt sichtbar sind.

## 5.3 Einsatzhinweise

Der Umgang mit Hochvolt-Elektrofahrzeugen ist in der Regel nicht gefährlicher als der Umgang mit Benzin- oder Dieselfahrzeugen. Die Betriebsbereitschaft kann bei allen Fahrzeugtypen unter Umständen nicht an den Betriebsgeräuschen erkannt werden, da die Elektrofahrzeuge oder Verbrenner im Stillstand nahezu geräuschlos sind (z. B. Start-Stopp-Automatik). Der elektrische Antrieb ist aktiv, wenn in der Instrumententafel der Hinweis „READY“ in Form einer Digitalanzeige oder eines Powermeter angezeigt wird. Dann ist mit einem E-Maschinenbetrieb oder auch mit einem automatisch startenden Verbrennungsmotor zu rechnen.



Abbildung 14



Abbildung 15

Ein einfaches Sichern des Fahrzeuges mit Radkeilen oder sonstigen Gegenständen, um ein In „Bewegung setzen“ des Fahrzeuges zu verhindern, ist alleine nicht ausreichend. Diese Hilfsmittel könnten aufgrund des großen Drehmoments des Fahretriebes leicht überrollt werden. Dies gilt nicht nur für Elektrofahrzeuge, sondern auch für alle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, welche über eine Start-/Stop-Automatik verfügen.

#### **Wichtig!**

Einzig das konsequente Deaktivieren/Abschalten des HV-Antriebssystems schließt ein ungewolltes In-Bewegung-Setzen aus! Eine anschließende Sicherung etwa mittels Keilen ist sinnvoll. Darum immer Zündung aus und die Deaktivierungshinweise der Fahrzeughersteller beachten (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)

Durch die hohen Sicherheitsstandards der Serienfahrzeuge ist die Gefahr, an HV-Komponenten einen Stromschlag zu erleiden eher unwahrscheinlich. Trotzdem ist bei Unfällen mit Elektrofahrzeugen nicht 100 % auszuschließen, dass die Elektronik der HV-Batterie sicher allpolig abgeschaltet hat. Deshalb besteht die Möglichkeit, dass Kabel und Bauteile der Leistungselektronik noch unter Spannung stehen. Die spannungsführenden Kabel und Steckverbindungen sind orangefarben gekennzeichnet. Daher gilt wie bei allen elektrischen Anlagen, dass freiliegende HV-Kabel, Steckverbindungen und Komponenten oder Teile der HV-Batterie nicht direkt berührt werden sollten.<sup>5</sup> Bei unvermeidbaren rettungstechnischen Maßnahmen in Bereichen mit beschädigten HV-Komponenten, HV-Leitungen und HV-Batterie sind diese mit einer hierfür geeigneten, elektrisch isolierenden, schmiegsamen Abdeckung (z.B. gemäß IEC 61112) abzudecken.



Abbildung 16



Abbildung 16a

Dieses Wissen ist gerade für ersteintreffende Rettungskräfte von Bedeutung damit sie gefahrlos und ohne Zeitverzug mit der Erstversorgung von Verletzten im Fahrzeug beginnen können.

### 5.3.1 HV-Batterie

Innerhalb der HV-Batterie ist die für den Fahrtrieb und Klimatisierung des Fahrzeuges notwendige Energie gespeichert. Die HV-Batterien können eine Spannung bis 900 Volt, eine Energiedichte von etwa 150-220 Wh/kg haben und bis zu 700 kg schwer sein.



Abbildung 17

Die in der HV-Batterie gespeicherte Energie wird von vielen einzelnen aneinandergereihten Zellen an den Batteriepolen bereitgestellt. Kommt es zu einem Defekt einer oder mehrerer Zellen, beispielsweise durch mechanische oder thermische Einwirkung, kann das zu einer fortschreitenden Kettenreaktion der einzelnen Zellen führen, bei der viel Wärme freigesetzt wird. Hierbei werden mit zunehmender Geschwindigkeit immer mehr Zellen beschädigt, der so genannte „Thermal Runaway“<sup>6</sup>. Dieser Vorgang kann durch Kühlen mit Wasser unterbunden werden. Da die HV-Batterien meist in einem Gehäuse dicht verpackt im Unterboden verbaut sind, kann das Löschmittel nur schlecht direkt an die zu kühlenden Stellen gelangen. Aus diesem Grund sind oftmals große Wassermengen erforderlich. In seltenen Fällen gibt es hierzu speziell Öffnungen.

<sup>5</sup> Gemäß Empfehlung der Fahrzeughersteller.

<sup>6</sup> Thermisches Durchgehen der Batterie - sich selbst verstärkender, wärmeproduzierender Prozess

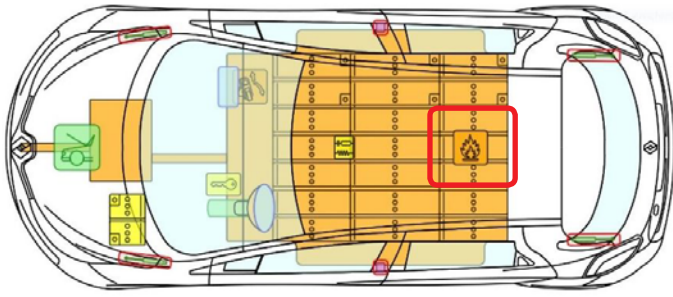


Abbildung 18



Abbildung 19

Treten Gase, Dämpfe oder Rauch aus der HV-Batterie aus, sind die Maßnahmen ausschließlich mit PSA und Atemschutz durchzuführen. Auf keinen Fall dürfen HV-Batteriegehäuse geöffnet werden! Sollte durch das Unfallgeschehen die HV-Batterie so stark beschädigt sein, dass HV-Batterieteile frei zugänglich sind, müssen diese vor Berührung geschützt werden. Kleinere HV-Batterieeinzelteile können mit einem Besen mit Holzstiel beiseite geschoben werden.

**Wichtig!**

Frei zugängliche HV-Batterieteile müssen unbedingt vor Berührung geschützt werden. Dies kann durch Absperrn, Abschirmen oder Abdecken erfolgen.

Beim Austritt von Flüssigkeiten aus der HV-Batterie handelt es sich meist um wasserbasierende konventionelle Kühlmittel (bis zu 10 l ). Der in den Lithium-Ionen-Zellen vorhandene Elektrolyt ist reizend, ätzend und brennbar. Es handelt sich in der Regel um nur wenige Milliliter pro Zelle. Da in der Regel nicht alle Zellen gleichzeitig vollkommen zerstört werden, laufen auch nicht alle Zellen gleichzeitig aus. Austretender Elektrolyt kann mit herkömmlichen Bindemittel eingedämmt und aufgenommen werden. Der Hautkontakt mit dem Elektrolyten und das Einatmen von frei werdende Dämpfen und Gasen sollte unbedingt vermieden werden. Erforderlichenfalls ist umluftunabhängiger Atemschutz zu tragen. Sollte es trotzdem zum Kontakt mit dem Elektrolyten kommen, sind die betroffenen Hautstellen mit viel Wasser abzuspülen. Im Nachgang ist der Betroffene einem Arzt vorzustellen. Mit Elektrolyt verunreinigte Kleidung ist abzulegen und zu reinigen. Immer häufiger kommen Li-Ion-Batterien als HV-Batterien zum Einsatz. Diese enthalten kein elementares Lithium! Der Einsatz von Wasser zur Brandbekämpfung oder auch ein Fahrzeug im Wasser sind daher unkritisch.

**5.3.2 Mobile Ladestationen**

Mobile Ladestationen sind im Prinzip nichts anderes als große elektronisch geregelte Netzteile, die je nach Modell an alle Steckdosen angeschlossen werden können. Diese mobilen Ladestationen verfügen über Steuerungs- und Sicherheitseinrichtungen und sind im Ladekabel integriert.

**5.3.3 Stationäre Ladestationen**

Stationäre AC-Ladestationen werden fest installiert. Die sogenannte Wallboxen werden beispielsweise an der Garagenwand installiert. Sie verfügen bei vorschriftsmäßiger Installation über eine eigene Drehstromversorgung aus dem Hausanschlusskasten, einen eigenen Fehlerstromschutzschalter und eine eigene Sicherung. Meist sind die Schutzschalter bereits integriert.



Abbildung 20 (mobile Ladestation)



Abbildung 21 (stationäre Ladestation)

**Wichtig!**

Kommt es bei einem an einer Ladestation angeschlossenen Elektrofahrzeug zu einem Zwischenfall (Unfall, Brand, etc.), sollte das Ladekabel von der Ladestation/Steckdose oder vom Fahrzeug getrennt werden. Das HV-System sollte anschließend gemäß den Herstellerangaben (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) deaktiviert werden.

5.3.4 Öffentliche Ladestationen (AC/DC)

Öffentliche Ladestationen kommen meist als Ladesäulen auf Parkplätzen vor. Kommt es bei einem an einer Ladestation angeschlossenen Elektrofahrzeug zu einem Unfall, sollte nach Möglichkeit das Ladekabel von der Ladestation/Steckdose oder vom Fahrzeug getrennt werden. Wenn möglich kann auch alternativ die Ladestation/Steckdose abgeschaltet werden. Vor dem Trennen sind Kabel und Stecker auf eventuelle Beschädigungen zu überprüfen. Beschädigte bzw. freiliegende Stellen dürfen nicht berührt werden. Bei starken Beschädigungen ist das Hochvolt -System des Fahrzeuges zu deaktivieren<sup>7</sup>. Das Fahrzeug-Hochvolt-System kann unabhängig von der Ladestation auch im Stand aktiv sein (z. B. Standklimatisierung). Fahrzeuge an Ladesäulen können auch im abgeschlossenen Fahrzeugen von der Stromversorgung getrennt werden (ruckartig am Stecker ziehen um mechanische Sperre zu überwinden - ggf. wird dabei die bordeigene Alarmanlage für 30 s aktiviert).



Abbildung 22



Abbildung 23

**Wichtig!**

Kommt es bei einem an einer Ladestation angeschlossenen Elektrofahrzeug zu einem Zwischenfall (Unfall, Brand, etc.), sollte das Ladekabel von der Ladestation/Steckdose oder vom Fahrzeug getrennt werden. Das HV-System sollte anschließend gemäß den Herstellerangaben (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) deaktiviert werden, so das Fahrzeug schwerwiegende Beschädigungen aufweist.

<sup>7</sup> Siehe hierzu spezifisches Fahrzeug Rettungsdatenblatt

## 5.4 Einsatzstandards

### 5.4.1 Unfall ohne offensichtliche Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten

- Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Brandschutz sicherstellen (z. B. Schnellangriff)

### 5.4.2 Unfall mit Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten

- Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Brandschutz und nachhaltige Wasserversorgung (z. B. TLF nachfordern) sofort sicherstellen, Atemschutz vorbereiten (sich darauf einstellen, dass die Batterie thermisch „durchgehen“ könnte)
- Einfache Sichtkontrolle auf Rauchentwicklung aus dem Bereich der HV-Antriebsbatterie
- auslaufenden Elektrolyten mit herkömmlichen Bindemittel eindämmen
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren
- Ggf. durch die Feuerwehr begleiteter Abtransport, falls Notwendigkeit besteht.

### 5.4.3 Unfall mit Brand der Antriebsbatterie und HV-Komponenten oder nur Brand

- Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Brandbekämpfung<sup>8</sup> unter Atemschutz durchführen (als Löschmittel und auch zur Kühlung der Batterie ist Wasser sehr gut geeignet)
- ausreichende Wasserversorgung (z. B. TLF nachfordern) frühzeitig sicherstellen
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte, wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren
- Ggf. durch die Feuerwehr begleiteter Abtransport<sup>9</sup>
- Auf Rückzündung achten

### 5.4.4 Fahrzeug mit HV-Komponenten im Wasser

Fahrzeuge mit HV-Komponenten, welche sich im Wasser befinden, stellen für Einsatzkräfte kein erhöhtes Stromschlagrisiko da. Der Stromfluss im Wasser findet nur zwischen den HV-Batteriepolen statt. Die Menschenrettung kann wie bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen erfolgen. Dies gilt auch für die Bergung<sup>10</sup> von Elektrofahrzeugen.

---

<sup>8</sup> Wie im Kapitel 5.3.1 beschrieben

<sup>9</sup> Wenn zum Beispiel während des Abtransportes des beschädigten Fahrzeuges mit einer Rückzünd gerechnet wird. Der Lagerort muss im Freien befinden und frei von Brandlasten in direkter Umgebung sein.

<sup>10</sup> Siehe hierzu „Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen (FAQ)“

### Wichtig!

Beschädigte Fahrzeuge mit HV-Komponenten, müssen im Freien, in ausreichendem Abstand zu Brandlasten, gelagert werden. Fahrzeugbesitzer oder Bergungsunternehmen sind über die möglichen Risiken einer nachträglichen Brandentstehung oder Wiederentzündung zu informieren. Um eine gesicherte Entladung und abschließende Maßnahmen zu gewährleisten, ist ausgebildetes Fachpersonal des Herstellers oder der Werkstatt hinzuzuziehen.<sup>11</sup>

## 5.5 Vollständige Deaktivierungen von Fahrzeugen mit HV-Komponenten

Die Deaktivierungsmaßnahmen an HV-Fahrzeugen sind Fahrzeugspezifisch und somit nicht immer einheitlich. Die Rettungsdatenblätter für HV-Fahrzeuge beinhalten neben den Informationen, wie Einbauorte von Starterbatterie, Airbagkomponenten, Materialverstärkungen auch Methoden zur einfachen Deaktivierung (Start/Stop Knopf betätigen – Zündung aus), auch Hinweise zur vollständigen Deaktivierung (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen etc.). Im Einsatzverlauf ist nach Möglichkeit immer eine vollständige Deaktivierung gemäß der Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifische Rettungsdatenblätter) durchzuführen!



Abbildung 24



Abbildung 25



Abbildung 26

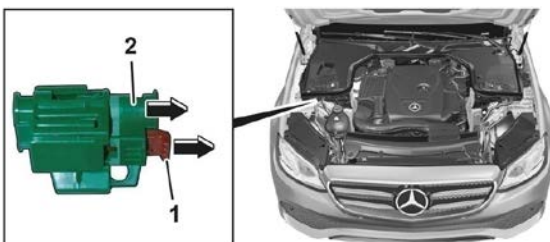


Abbildung 27

### Wichtig!

Im Einsatzverlauf ist sicherzustellen, dass konsequent die von den Herstellern vorgesehenen Trennstellen (siehe Abb. 25) getrennt und gegen wieder einstecken gesichert werden.

<sup>11</sup> Dies kann durch den Kunden, Bergungsunternehmen oder Werkstatt erfolgen.

## 6 Vorgehen beim Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb

### 6.1 Feststellung der Antriebsart

Wie oben schon aufgeführt, eignet sich für die Erkundung die AUTO-Regel. Die spannungsführenden HV-Kabel und Steckverbindungen sind orangefarben gekennzeichnet.

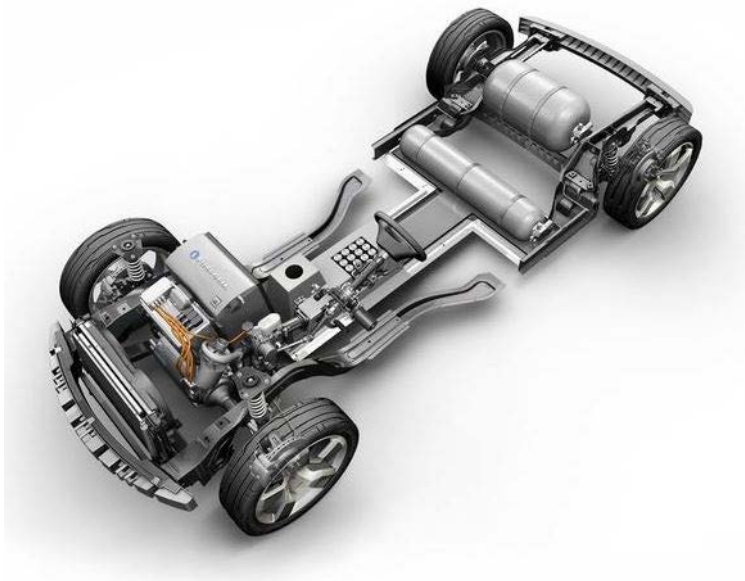


Abbildung 28

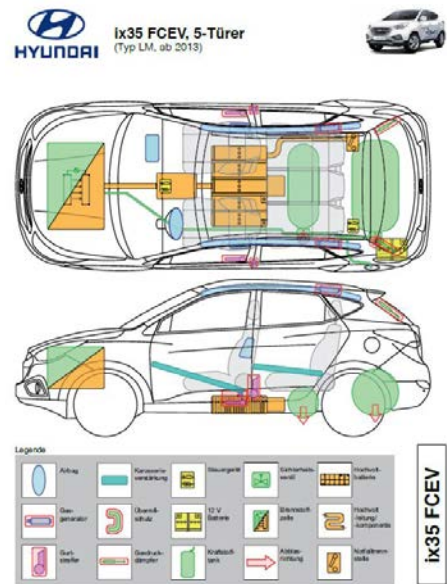


Abbildung 29

### 6.2 Einsatzhinweise

Der Umgang mit Brennstoffzellenfahrzeugen ist vergleichbar mit den Hybrid- und Elektrofahrzeugen. In Bezug auf die Wasserstoffanlage ist die Vorgehensweise analog mit den Erdgasfahrzeugen. Die Betriebsbereitschaft kann ggf. nicht an den Betriebsgeräuschen erkannt werden, da die Brennstoffzellenfahrzeuge wie die Elektrofahrzeuge im Stillstand nahezu geräuschlos sind. Der elektrische Antrieb ist aktiv, wenn in der Instrumententafel der Hinweis „READY“ in Form einer Digitalanzeige oder eines Powermeters angezeigt wird. Dann ist mit einem E-Maschinenbetrieb zu rechnen. In den jeweiligen Rettungsdatenblättern wird beschrieben, wie ein Brennstoffzellenfahrzeug in der Regel immobilisiert und deaktiviert werden kann. Im Gegensatz zu rein batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen wird hier die elektrische Energie aus Wasserstoff gewonnen. Hierzu sind ggf. Druckgasbehälter mit Wasserstoff (ca. 700 bar) im Fahrzeug verbaut. Die nicht für den Fahrantrieb benötigte Energie kann auch in Hochvoltbatterien gespeichert werden.

#### 6.2.1 Wasserstoffaustritt

Der Wasserstoffaustritt kann sich durch Auströmgeräusche bemerkbar machen. Wasserstoff ist geruchlos und nicht odoriert<sup>12</sup>. Dadurch kann man Wasserstoffgas nicht riechen. Da Wasserstoff viel leichter als Luft ist, verflüchtigt er sich im Freien recht schnell und ist meist nur unmittelbar an der Austrittsstelle in einer zündfähigen Konzentration (Explosionsbereich ca. 4 - 77 Vol%) vorhanden. In geschlossenen Räumen, wie Tiefgaragen, kann sich der Wasserstoff jedoch ansammeln und mit der Umgebungsluft zündfähige Gemische bilden. Hier ist in jedem Fall eine ausgiebige Kontrolle mit Nachweisgeräten erforderlich. Dies gilt nicht nur in höher gelegenen Bereichen, sondern auf allen Ebenen. Die Menschenrettung ist unter der Berücksichtigung des Ex-Schutzes zügig durchzuführen und der betreffende Bereich der Einsatzstelle mit Nachweisgeräten auf das Vorhandensein eines explosionsfähigen Gemisches zu prüfen und zu belüften. Hierbei ist zu beachten, in welche Richtung das Gasgemisch sich durch das Belüften gelenkt wird. Während der Einsatzmaßnahmen ist der ständige Brandschutz sicherzustellen.

<sup>12</sup> Bei odorierten Gasen werden geruchsintensive Stoffe beigemischt, um diese bei Austritt besser wahrzunehmen.

## 6.2.2 Fahrzeugbrand

Fahrzeugbrände mit Wasserstoff-Druckgasflaschen sind sofort mit massivem Wassereinsatz zu bekämpfen, um den Wärmeeintrag in die Druckgasflaschen zu unterbinden. Die Erfahrungen aus Brandversuchen zeigen, dass der Wärmeeintrag auf die Druckgasflaschen rapide abnimmt, sobald die Flammen niedergeschlagen werden.

Hierdurch wird einem weiteren Druckanstieg erfolgreich entgegen gewirkt. Die Brandbekämpfung sollte nach Möglichkeit schräg von vorne mit Vollstrahl aus der Ferne (also unter Ausnutzung der Wurfweite) begonnen werden. Sobald ein Niederschlagen der Flammen erkennbar wird, kann sich mit Sprühstrahl dem Fahrzeug angenähert werden, um dann den Brand zu löschen bzw. gezielte Nachlöscharbeiten und Kühlmaßnahmen des Druckgasbehälters durchzuführen. Kommt es während des Brandes zu einem Auslösen der Druckentlastungseinrichtung, die Umgebung kühlen und das Gas brennend vollständig abströmen lassen.

## 6.2.3 Fahrzeug im Wasser

Fahrzeuge mit HV-Komponenten, welche sich im Wasser befinden, stellen für Einsatzkräfte kein erhöhtes Stromschlagrisiko da. Der Stromfluss im Wasser findet nur zwischen den HV-Batteriepolen statt. Die Menschenrettung kann wie bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen erfolgen. Dies gilt auch für die Bergung<sup>13</sup> von Elektrofahrzeugen.

## 6.3 Einsatzstandards

### 6.3.1 Unfall ohne offenkundige Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten ohne Beteiligung der Wasserstoffkomponente

- Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Brandschutz sofort sicherstellen (z. B. Schnellangriff)
- Absperrventile an den Gasflaschen, wenn möglich, manuell schließen
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren

### 6.3.2 Unfall mit Beschädigung der Antriebsbatterie und HV-Komponenten ohne Beteiligung der Wasserstoffkomponente

- Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Brandschutz mittels nachhaltiger Wasserversorgung sofort sicherstellen und Atemschutz vorbereiten (sich darauf einstellen, dass die Batterie thermisch „durchgehen“ könnte)
- Einfache Sichtkontrolle auf Rauchentwicklung aus dem Bereich der HV-Antriebsbatterie
- auslaufenden Elektrolyten mit herkömmlichen Bindemittel eindämmen
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren
- Ggf. durch die Feuerwehr begleiteter Abtransport<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Siehe hierzu „Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen (FAQ)“

<sup>14</sup> Wenn zum Beispiel während des Abtransportes des beschädigten Fahrzeuges mit einer Rückzund gerechnet wird. Der Lagerort muss im Freien befinden und frei von Brandlasten in direkter Umgebung sein.



### 6.3.3 Unfall mit Beschädigung der Wasserstoffkomponente, Wasserstoffaustritt

- Messungen durchführen<sup>15</sup> (Wasserstoff ist leichter als Luft beachten)
- Zündquellen fernhalten / vermeiden
- Sofort Belüftungsmaßnahmen einleiten
- Gefahrenbereich festlegen, absperren und räumen
- Wenn gefahrlos möglich, Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Absperrventile, wenn möglich, an den Gasflaschen manuell schließen
- Brandschutz mittels nachhaltiger Wasserversorgung sofort sicherstellen und Atemschutz vorbereiten (sich darauf einstellen, dass die Batterie thermisch „durchgehen“ könnte)
- Ggf. Fahrzeug aus geschlossenen Räumen entfernen
- Gas mit Wasser-Sprühstrahl verdrängen oder verwirbeln
- Ggf. Restmengen kontrolliert ausströmen lassen
- Nur Ex-geschützte Geräte einsetzen (Mobiltelefone, Funkgeräte, Funkmelder u. ä. beachten!)
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren

#### **Wichtig!**

Bei vorhandensein einer Ex-Atmosphäre, können die Maßnahmen ähnlich der GAMS-Regel eingeleitet werden.

### 6.3.4 Unfall mit Brand der Antriebsbatterie und HV-Komponenten mit allmählicher Wärmebeaufschlagung der Wasserstoffkomponente

- Fahrzeugantrieb deaktivieren (mit Start/Stop-Knopf deaktivieren)
- Im weiteren Einsatzverlauf muss mit erweiterten Maßnahmen gemäß den Herstellerangaben und Fahrzeuginformationen (fahrzeugspezifisches Rettungsdatenblatt) eine Deaktivierung erfolgen (Trennstellen, Sicherungen, Low voltage-Steckverbindungen, Service-Disconnect, etc.)
- Brandbekämpfung unter Atemschutz von diagonal vorne aus sicherer Entfernung mit Vollstrahl beginnen
- Brandbekämpfung aus der Nähe mit Sprühstrahl weiterführen (Wasser als Löschmittel ist sehr gut geeignet)
- eine ausreichende Wasserversorgung ist herzustellen.
- Absperrventile an den Gasflaschen, wenn möglich, manuell schließen
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren
- Ggf. durch die Feuerwehr begleiteter Abtransport und Lagerung im Freien in ausreichendem Abstand zu Brandlasten

<sup>15</sup> Geeignete Mess- und Nachweisgeräte nachfordern

## **7 Vorgehen bei Gasantrieben**

### **7.1 Feststellung der Antriebsart**

Wie unter Punkt 3.4 bereits erläutert, eignet sich für die Erkundung die AUTO-Regel. Äußerliche erkennbare Hinweise auf die Antriebsart können zum Beispiel das Vorhandensein von einem zweiten Tankstutzen, Kabel und Schläuche aus der Reserveradmulde oder sichtbare Druckgas- oder Flüssiggasbehälter sein.

### **7.2 Einsatzhinweise**

#### **7.2.1 Gasaustritt**

Bei Austritt von Flüssiggasen (LPG) sind besondere Maßnahmen erforderlich, da Flüssiggase schwerer als Luft sind und sich als „Seen“ in Senken und Gruben sammeln. Auch Bodenöffnungen, Kanäle, Luken, Kellerabgänge o. ä. sind in die Lageerkundung und Lagebeurteilung einzubeziehen. Erdgas hingegen ist im Freien leichter als Luft meist nur unmittelbar an der Austrittsstelle in einer zündfähigen Konzentration vorhanden. Es verflüchtigt sich recht schnell. In geschlossenen Räumen, wie Tiefgaragen, kann es sich durchaus ansammeln. Hier ist in jedem Fall eine ausgiebige Kontrolle mit Nachweisgeräten erforderlich. Dies gilt nicht nur in tiefer bzw. höher gelegenen Bereichen, sondern auf allen Ebenen. Die Menschenrettung ist unter der Berücksichtigung des Ex-Schutzes zügig durchzuführen und der betreffende Bereich der Einsatzstelle mit Nachweisgeräten auf das Vorhandensein eines explosionsfähigen Gemisches zu prüfen sowie mit geeigneten Maßnahmen zu belüften. Hierbei ist zu beachten, in welche Richtung das Gasgemisch sich durch das Belüften gelenkt wird. Während der Einsatzmaßnahmen ist ständig der Brandschutz sicherzustellen.

#### **7.2.2 Fahrzeugbrand**

Fahrzeugbrände mit Gasantrieb sind sofort mit massivem Wassereinsatz zu bekämpfen, um den Wärmeeintrag in den Gasenergiespeicher zu unterbinden. Die Erfahrungen aus Brandversuchen zeigen, dass der Wärmeeintrag auf die Gasenergiespeicher rapide abnimmt, sobald die Flammen niedergeschlagen werden. Hierdurch wird ein weiterer Druckanstieg erfolgreich verhindert. Die Brandbekämpfung sollte nach Möglichkeit schräg von vorne mit Vollstrahl beginnend aus der Ferne (also unter Ausnutzung der Wurfweite) begonnen werden. Sobald ein Niederschlagen der Flammen erkennbar wird, kann sich mit Sprühstrahl dem Fahrzeug angenähert werden, um dann den Brand zu löschen bzw. gezielte Nachlöscharbeiten durchzuführen.

### **7.3 Einsatzstandards**

#### **7.3.1 Unfall ohne Beteiligung der Gasanlage**

- Motor und Zündung sofort abschalten
- Absperrventile an den Gasflaschen, wenn möglich, manuell schließen
- Brandschutz sicherstellen (z. B. Schnellangriff)

#### **7.3.2 Unfall mit Beschädigung der Gasanlage, Gasaustritt**

- Messungen durchführen<sup>16</sup> (Eigenschaften Wasserstoff ist leichter als Luft beachten)
- Zündquellen fernhalten / vermeiden
- Brandschutz sofort sicherstellen (z. B. Schnellangriff)
- Sofort Belüftungsmaßnahmen einleiten
- Fahrzeugtüren, Motor- und Kofferraumabdeckungen sind zur Ventilation zu öffnen Gefahrenbereich festlegen, absperren und räumen
- Absperrventile an den Gasflaschen, wenn möglich, manuell schließen
- Ggf. Fahrzeug aus geschlossenen Räumen entfernen
- Gas mit Sprühstrahl verdrängen oder verwirbeln

<sup>16</sup> Geeignete Mess- und Nachweisgeräte nachfordern

- Restmengen ggf. kontrolliert ausströmen lassen
- Nur Ex-geschützte Geräte einsetzen (Mobiltelefone, Funkgeräte, Funkmelder u. ä.)
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren

### **Wichtig!**

Bei vorhandensein einer Ex-Atmosphäre, können die Maßnahmen ähnlich der GAMS-Regel eingeleitet werden.

### 7.3.3 Fahrzeugbrand

- Brandbekämpfung mit Atemschutz von vorne, aus sicherer Entfernung mit Vollstrahl beginnen
- Brandbekämpfung aus der Nähe mit Sprühstrahl weiterführen (Wasser als Löschmittel ist sehr gut geeignet)
- eine ausreichende Wasserversorgung herstellen.
- Absperrventile an den Gasflaschen, wenn möglich, manuell schließen
- unverbranntes Gas mit Sprühstrahl verdrängen oder verwirbeln
- Ggf. Restmengen kontrolliert ausströmen lassen
- Beteiligte (andere am Einsatz Beteiligte, wie z. B. Rettungsdienst, Polizei, Bergungsunternehmer, etc.) informieren

### **Wichtig!**

Kommt es zum Abblasen der brandbeaufschlagten Druckbehälter, keine Löschmaßnahmen im Bereich der Gasanlage durchführen!

Option 1: Die **nicht reversible** Thermo- bzw. Überdrucksicherung löst aus, das gesamte Gas strömt kontrolliert aus und verbrennt an der Austrittsöffnung. Am Ende wird die Flamme langsam kleiner. Anschließend Fahrzeug konventionell löschen.

Option 2: Die **reversible (on/off)** Thermosicherung löst aus und lässt den Behälterinnendruck sinken. Bei Abkühlung schließt die Sicherung wieder, im Druckbehälter verbleibt Gas. Wird im ungünstigsten Fall das Ventil mit Sicherung gekühlt, der Behälter aber weiterhin beflammt, kann dies zum Behälterzerknall führen. Dies ist insbesondere auch bei großen Anlagen (Lkw/Bus) zu beachten.

## 8 Einsatzverlaufsplan

Der unten aufgeführte Verlaufsplan, stellt die Standardmaßnahmen für die „Technische Hilfeleistung“ bei Verkehrsunfällen dar.



Die roten Felder beinhalten die Phasen des Einsatzverlaufes.



Die gelben Felder beinhalten die standardisierten Erstmaßnahmen während der Erkundung, welche immer durchgeführt werden.



Die grünen Felder beinhalten die Standardmaßnahmen der „Technischen Hilfeleistung“ bei Verkehrsunfällen.



Die blauen Felder beinhalten besondere Aspekte der Technischen Hilfeleistung unter Berücksichtigung alternativer Antriebsarten und Energiespeicher.

## 8.1 Verlaufspllan bei Technischer Hilfeleistung mit Verkehrsunfall

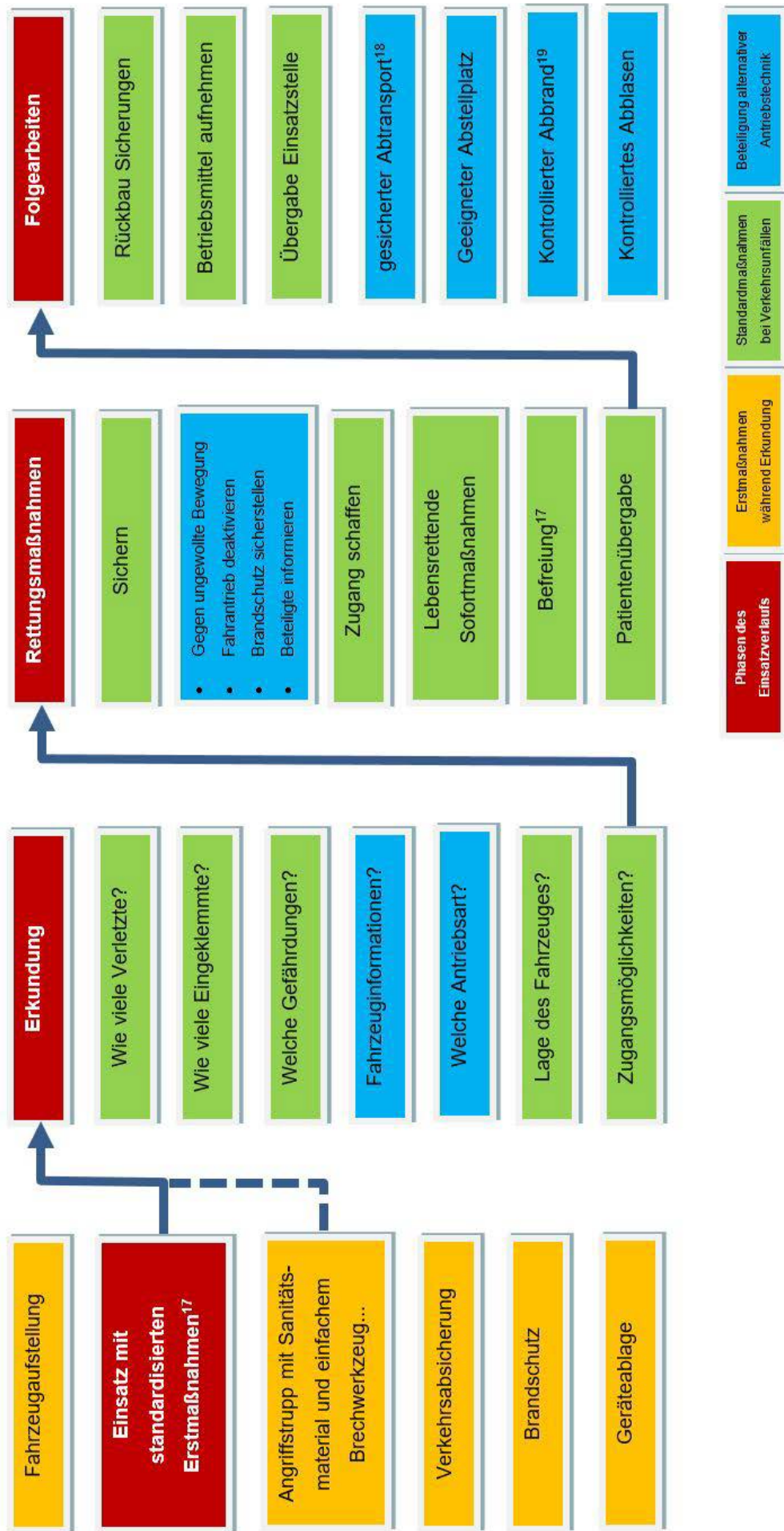


Abbildung 30

<sup>17</sup> Siehe hierzu: Ausbildungsunterlage LFS-Baden-Württemberg Gruppenführer - "Einsatzlehre und -taktik im Hilfeleistungseinsatz"

<sup>18</sup> Übergabe an den Abschlepp-/ Bergungsunternehmer; ggf. den Abtransport mit Löschfahrzeug begleiten

<sup>19</sup> Ggf. kontrollierter und gesicherter Abbrand mit PSA und Strahlrohreinsetz mit Wasser

## 9 Aussichten

Lithium-Ionen-Akkus als Energiequelle zum Antrieb von Kraftfahrzeugen befinden sich noch in der Weiterentwicklung. Aktualisierungen der obigen Angaben werden an dieser Stelle veröffentlicht werden. Um die Reichweiten von Elektrofahrzeugen zu vergrößern müssen Gewichteinsparungen realisiert werden. Darum werden bei dieser Art von Fahrzeugen vermehrt Leichtmetalllegierungen, ultrahochfeste Spezialstähle, Hybrid-Kunststoffe und Kohlefaserverbundwerkstoffe zum Einsatz kommen – wie auch bei konventionellen Fahrzeugen.



Abbildung 31

## 10 Begriffsbestimmungen

### 10.1 Elektrisch isolierend

Elektrisch isolierend sind nicht leitende Materialien. Diese verhindern den Durchgang elektrischen Stroms bei Berührung von unter Spannung stehenden Leitungen/Komponenten.

### 10.2 Galvanische Trennung

Bei einer galvanischen Trennung gibt es keine elektrisch leitende Verbindung zwischen zwei Stromkreisen. Das Hochvolt-System ist elektrisch vollständig von der Fahrzeugkarosserie isoliert und nicht mit dem Hausstromnetz vergleichbar (Vergleichbar mit dem Generatoreinsatz)

### 10.3 Hochvolt (HV)

„Hochvolt“ ist die Spannung, für die ein elektrisches Bauteil oder ein Stromkreis ausgelegt ist, dessen Effektivwert der Betriebsspannung  $> 60 \text{ V}$  und  $\leq 1500 \text{ V}$  (Gleichstrom) oder  $> 30 \text{ V}$  und  $\leq 1000 \text{ V}$  (Wechselstrom) ist.

### 10.4 Hochvolt-Komponenten

Das Hochvolt-System in einem Fahrzeug besteht aus mehreren mit Hochvolt- beaufschlagten Komponenten (HV-Elektro-Motor, HV-Steuergeräte, HV-Klimakompressoren, Spannungswandler etc.) sowie Hochvolt-Energiespeicher und Hochvolt-Leitungen.

### 10.5 Hochvolt-Energiespeicher (HV-Batterien)

Der Hochvolt-Energiespeicher ist ein wieder aufladbares Energiespeichersystem, das für den elektrischen Antrieb elektrische Energie bereitstellt. Die HV-Batterien können eine Spannung bis 900 Volt und eine Energiedichte von etwa 150-220 Wh/kg haben.

### 10.6 Trennstellen

Trennstellen sind Abschaltvorrichtungen für das Hochvolt-System, die von den Rettungskräften verwendet werden können. Diese sind im Rettungsdatenblatt und ggf. im Rettungsleitfaden des Herstellers beschrieben. Es gibt verschiedene Ausführungen von Trennstellen (gemäß ISO 17840).

Eine Variante unterbricht die 12V/24V Steuerspannung des Hochvolt-Systems und erzwingt so die Deaktivierung, hierzu zählen:

- 12V/24V - Sicherung entfernen (low voltage fuse)
- 12V/24V - Steuerleitung durchtrennen (cable cut)
- 12V/24V - Trennstelle betätigen (low voltage service disconnect)

Die andere Variante unterbricht direkt das Hochvolt-System, da sich die Trennstelle als Reihenschaltung zum Hochvolt-Energiespeicher befindet.

- Hochvolt-Trennstelle betätigen (high voltage service disconnect). Diese Trennstelle ist in der Regel orangefarben.

## 10.7 Sicherheitseinrichtungen

Durch Sicherheitseinrichtungen werden in der Regel folgende Abschaltungen bei kritischen Fahrzuständen (z. B. Auslösung mindestens eines Airbags) automatisiert vorgenommen:

- allpolige Abschaltung der HV-Komponenten außerhalb der HV-Batterie
- die Magnetventile der Druckgasbehälter schließen mechanisch
- Kraftstoffpumpe wird abgeschaltet

## 11 Schlusswort

Die beschriebenen Hinweise beziehen sich auf Standardsituationen. Ladungsspezifische Gefahren (z. B. Gefahrgut), die unabhängig vom Antriebssystem auftreten können, werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt, müssen aber vom zuständigen Einsatzleiter beachtet werden. Durch die Vielzahl unterschiedlicher Systeme und Unfallszenarien können die vorliegenden Empfehlungen nur eine Hilfestellung beim Erkunden und Vorgehen darstellen.

Es ist wichtig die verbauten Komponenten zu erkennen, da eine genaue und eindeutige Kennzeichnung der Fahrzeuge bisher nicht vorgeschrieben ist. Darum sei hier noch einmal auf die Kennzeichenabfrage zur Ermittlung der spezifischen Fahrzeug-Rettungsdatenblätter hingewiesen.

## 12 Quellenangaben

- AGBF Bund/Deutscher Feuerwehrverband – „Gefährdungsbeurteilung Brand von Fahrzeugen mit Elektroantrieb“ (2014-3)
- VDA (Verband der Automobilindustrie) - Unfallhilfe & Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt-Systemen (FAQ) (<https://www.vda.de/de/themen/sicherheit-und-standards/retten-und-bergen/unfallhilfe-und-bergen-bei-fahrzeugen-mit-hochvolt-systemen.html>)
- VDIK (<http://www.vdik.de/arbeitsgebiete/technik/rettungsdatenblaetter.html>)
- Dekra Empfehlungskatalog - Einsatzhinweise für Unfälle mit alternativ angetriebenen Kraftfahrzeuge
- Feuerwehr Konstanz - Einsatzbilder (Abbildung 10)
- BRANDSCHUTZ Deutsche Feuerwehr-Zeitung<sup>20</sup>
- Audi AG (Abbildung 15)
- BMW Group (Abbildungen 4, 14, 31)
- Daimler Global Media (Abbildungen 23, 26, 27)
- Hyundai (Abbildungen 28, 29)
- ISOTOOLS (Abbildung 16)
- Volkswagen-media-services (Abbildungen 11, 13, 21, 22)
- Moditech Rescue Solutions - Crash-Recovery-System (Abbildungen 8a, 18, 19)
- SilverDAT-FRS Feuerwehr Rettungsdatenblatt System (DATGroup)
- Emergency Responder Training for Advanced Electric Drive Vehicles, National Fire Protection Association
- Wiesbaden112.de (Abbildung 8b)

<sup>20</sup> Siehe hierzu den Artikel im BRANDSCHUTZ Deutsche Feuerwehr-Zeitung 2/13