

FEUERWEHR-EINSATZHANDBUCH EINSÄTZE AN FAHRZEUGEN



Vorwort

1. Teil: Allgemeines zu Fahrzeugen

Fahrzeugumgebung.....	6
Technische Vorrichtungen und Einfluss auf den Rettungseinsatz	8
Entscheidungshilfen für Einsatzkräfte.....	23

2. Teil: Hybridfahrzeuge und Elektrofahrzeuge

Funktionsweise Grundlagen	30
Spezielle Ausstattungen von E-Fahrzeugen	30
Sicherheitsausstattung von Hybrid- und E-Fahrzeugen	32
Zusätzliche Risiken bei E- und Hybridfahrzeugen	34

3. Teil: Flüssiggasfahrzeuge (LPG)

Funktionsweise Grundlagen	36
Spezielle Ausstattungen von LPG-Fahrzeugen	36
Sicherheitsvorrichtungen	37
Zusätzliche Risiken bei LPG-Fahrzeugen	38

4. Teil: Erdgasfahrzeuge (CNG)

Funktionsweise Grundlagen.....	40
Spezielle Ausstattungen von CNG-Fahrzeugen	40
Sicherheitsvorrichtungen	41
Zusätzliche Risiken bei CNG-Fahrzeugen	42

5. Teil: Flüssigerdgasfahrzeuge (LNG)

Funktionsweise Grundlagen	46
Spezielle Ausstattungen von LNG-Fahrzeugen	46
Sicherheitsvorrichtungen	47
Zusätzliche Risiken bei LNG-Fahrzeugen	48

6. Teil: Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV)

Funktionsweise Grundlagen	50
Spezielle Ausstattungen von Brennstoffzellenfahrzeugen	50
Sicherheitsvorrichtungen	52
Zusätzliche Risiken bei Brennstoffzellenfahrzeugen	53



Verfasser:

Colonel Serge Delaunay (ER - Lt-Colonel Michel Gentilleau, SDIS86 - Cdt Dimitri Pelletier, SDIS 86
Cne Sébastien Cardou, SDIS 44 - Lt Adrien Gransagne, SDIS 86 - Sgt/C Julien Deparis, SDIS86

Beitragende:

Me Claire Petit-Boulanger, Renault - Mr Marc Mouthon, Mouthon Formation
Cne Bruno Poutrain, BSPP - Mr Jean Luc Girault, Bolloré Blue Solutions - Lt Baptiste Mouth, SDIS 68 - Les
formateurs SR du SDIS86 (Thomas Fradet, Emmanuel Auzenet, Tony Grandon, Mikael Giraud, Anthony Moreau,
Fabien Lampert, Laurent Caille)

Übersetzung/Bearbeitung deutsche Version:

Victoria Sattlegger, Philipp Fürst, Hubert Springer, Wolfgang Niederauer.
In Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Bundesfeuerwehrverband.



Partner:



Kontakt:

Lt-Colonel Michel Gentilleau, SDIS86 : michel.gentilleau@sdis86.net

L'utilisation partielle ou totale de ce document, à des fins de diffusion, devra faire l'objet préalable d'une demande d'autorisation écrite auprès du SDIS 86, qui se chargera d'obtenir l'accord des auteurs et assurera la réponse au requérant.

«Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un art ou un procédé quelconque.» **Article L122-4 du code de la propriété intellectuelle**

7 Teil: Einsatzmaßnahmen

Brandrisiko.....	56
Grundlagen.....	56
Notrufannahme.....	56
Persönliche Schutzausrüstung	57
Brandbekämpfung	57
Erkundungsphase.....	57
Fahrzeugposition	61
Rettung	61
Schlauchleitung	61
Angriff	62
Schutzmaßnahmen / Luftzirkulation	67
Aufräumarbeiten	68
Überwachung	68
Hinweise und Spuren sichern	69
Rückholung der Einsatzkräfte und Ausrüstung	69
Vorgangsweise bei Gasfahrzeugen (LPG / CNG / LNG / H2).....	70
Vorgangsweise bei Hybrid- und Elektrofahrzeugen	71
Verkehrsunfälle.....	72
Grundlagen.....	72
Notruf bei Verkehrsunfällen	73
Persönliche Schutzausrüstung	74
Absichern der Einsatzstelle (S1).....	74
Das Fahrzeug sichern (S2).....	75
Personenrettung (S3)	77
Sichere Bergungstechniken (S4)	78
Bergung der Unfallopfer	81
Bergungstechniken im Detail	86
Vorgehen bei beschädigtem Tank oder beschädigter Batterie	87
Vorgehen bei versunkenen Fahrzeugen	88
Zusammengefasste Notfallanweisungen	89
Anhang	92
Bergungsdatenblätter	
Rettungsdatenblätter	
Werkzeugdatenblätter	
Sicherheitsdatenblätter	

Dieses Handbuch für Einsätze an Fahrzeugen ist eine Sammlung von theoretischem, praktischem und technischem Wissen, das für die Mitglieder der Feuerwehr und die Teamleiter bei Rettungseinsätzen oder Fahrzeugbränden notwendig ist.

Die Änderungen zur vorherigen Version (Stand 1. Jänner 2019) sind:

seiten	Teil	Art der Änderung
9-10	1	Testvideos Lithium-Ionen-Batteriebrände: Pouch-, prismatische, zylindrische Zellen
16	1	Neue Illustrationen der Fahrzeugstrukturverstärkungen
19	1	Magnesiumbrand-Videos
20	1	Schulungsvideo zu LKW-Grundlagen
56	7	Notrufannahme bei Brandeinsätzen
60	7	Konzept der Fixierung von brennenden Fahrzeugen
65	7	Video zu Sicherungsteilen am Batteriepack
67	7	Umgang mit Giftstoffausstoß bei Batteriebränden
68	7	Batterien während eines Thermal Runaway unter Wasser setzen
73	7	Notrufannahme bei Verkehrseinsätzen
74	7	eCall
83 und 72	7	Änderungen der Einklemmungsgrade von Unfallopfern
84	7	Änderung der Rettungsplan-Definitionen

Quellen

Dieses Handbuch berücksichtigt folgende Richtlinien:



NDO

Die Mitteilung zu Notfallmaßnahmen an Fahrzeugen (NDO) vom 1. Juni 2016.



SDACR der Feuerwehr von Vienne

Unter der Aufsicht des Präfekten erstellt, legt der Departementsplan für Analyse und Risikoabdeckung (SDACR) eine Bestandsaufnahme der Risiken aller Art fest, denen sich die Feuerwehren und Rettungsdienste im Departement für die Sicherheit der Menschen und der Umgebung stellen müssen. Er bestimmt die Ziele im Umgang mit diesen Risiken.



Einsatzordnung der Feuerwehr von Vienne

Die Einsatzordnung legt Handlungsanweisungen zu den verschiedenen Aufgaben der Feuerwehr und des Rettungsdienstes fest. Sie bestimmt die Mindestanzahl an Personal, die erforderliche Ausrüstung und die Befehlskette für Notfalleinsätze.



Ausrüstungsplan der Feuerwehr von Vienne

Der mehrjährige Ausrüstungsplan 2019-2023 legt den voraussichtlichen Fuhrpark der Feuerwehr für die Jahre 2019 bis 2023 fest.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorwort



1. Teil:
Allgemeines zu Fahrzeugen

A/ STRASSENWISSEN

Straßenarten

Das Straßennetz besteht aus verschiedenen Arten von Straßen: Gemeindestraßen, Bundesstraßen, Autobahnen bzw. Schnellstraßen. Diese Straßen sind in eine oder beide Fahrrichtungen befahrbar. Unfälle können auf geraden Strecken, in Kurven, im Kreisverkehr, ... auftreten.

Die Straßenart bestimmt die Zufahrtmöglichkeiten zum Einsatzort.

Die Art der Straße bestimmt die Aufstellung der Einsatzfahrzeuge und Maßnahmen zur Absperrung am Einsatzort



Topografie des Geländes

Die Beschaffenheit der Straße (Hangneigung, Gräben, Schluchten, ...) beeinflusst den Einsatzablauf.

Die Methoden zur Fahrzeugstabilisierung und Menschenrettung werden durch die Topografie des Geländes beeinflusst.



Bauliche Strukturen

Es befinden sich viele bauliche Strukturen im Straßennetz (Tunnel, Brücken, Stromleitungen, ...).

Diese Strukturen beeinflussen den Zugang zum Unfallort, die Sicherungstechniken, Beleuchtung und den Schutz von Verletzten.



Wetter / Tageszeit

Das Wetter beeinflusst die Maßnahmen zum Schutz der Unfallopfer und zur Absicherung der Einsatzstelle.

Ein nächtlicher Einsatz erfordert eine allgemeine Beleuchtung des Einsatzbereiches sowie eine gezielte Beleuchtung (Innenraum des Fahrzeugs, Hindernisse in der Umgebung, ...).



Verkehrsteilnehmer

Rettungsmaßnahmen können durch andere Verkehrsteilnehmer beeinträchtigt werden, sowohl was den Zugang zum Einsatzort, als auch Einsatzkräfte und Verletzte betrifft.

Je nach Straße und Verkehr müssen die erforderlichen Maßnahmen zur Information der Verkehrsteilnehmer und Sicherung des Einsatzbereichs getroffen werden.

Am Einsatz beteiligte Organisationen oder Kräfte

An Rettungseinsätzen sind je nach Größe und Situation viele Einsatzkräfte beteiligt (Feuerwehr, Polizei, Abschleppdienste, Autobahngesellschaften usw.).

Die Vielzahl der beteiligten Rettungsdienste erfordert ein gemeinsames, allen bekanntes Schema (Markierungen, Fahrzeugbereiche, persönliche Bereiche, ...).



B/ PARKHÄUSER UND TIEFGARAGEN

Bauelemente

Abhängig von den verschiedenen verwendeten Baumaterialien (insbesondere Beton), muss die Schwierigkeit der Herstellung von Funkverbindungen zwischen den Beteiligten berücksichtigt werden.

Alle bestehenden Sicherheitsvorrichtungen des Gebäudes müssen berücksichtigt werden, um das Vorgehen der Einsatzkräfte zu erleichtern (Luftschleusen, Rauchabzug, Brandmelder, Löschvorrichtungen usw.).

Vorhandene anschließende Strukturen im Oberbau wirken sich auf die Rettungsmaßnahmen aus, insbesondere auf das Rauchmanagement.

Zugang

Vor jedem Einsatz von Rettungskräften im Inneren eines Gebäudes, sollten Informationen über die Zugangsmöglichkeiten eingeholt werden (Brandschutzplan, zuständige Personen).



Vorhandensein von Fahrzeugladestationen

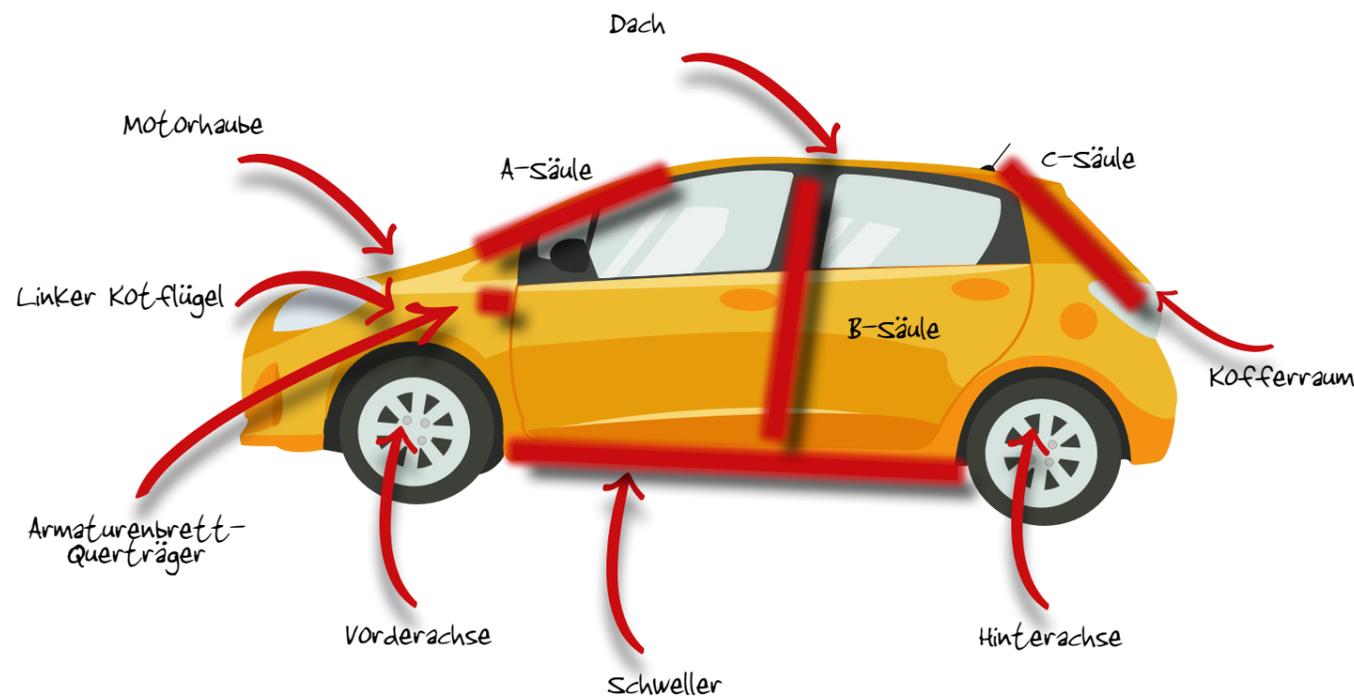
Ladestationen für Elektrofahrzeuge sollten berücksichtigt werden, da sie auf das Vorhandensein dieser Art von Fahrzeugen hinweisen.



Fahrzeugtechnik und deren Einfluss auf den Einsatz

VORWORT

Von der Feuerwehr wird für Rettungseinsätze spezielles Fachvokabular verwendet, insbesondere für die Beschreibung von Fahrzeugteilen, wie mechanische Komponenten, Säulen, etc.



A/ VERSCHIEDENE ÜBLICHE ANTRIEBSARTEN

Wir unterscheiden verschiedene Typen von kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen:

- **Monovalenter Antrieb:** verwendet nur eine Energiequelle (Diesel / LPG / CNG / LNG)
- **Bivalenter Antrieb:** verwendet zwei verschiedene Energiequellen (z.B. Benzin/Erdgas oder Benzin/LPG)
- **Hybridfahrzeuge:** haben mindestens zwei verschiedene Antriebsquellen und mindestens zwei verschiedene Energiespeichersysteme. Häufig anzutreffende Hybridfahrzeuge sind Hybridelektrofahrzeuge.

Häufig eingesetzte Antriebsstoffe für Fahrzeuge sind:



ERDÖLBASIERTE PRODUKTE
Flüssig (Benzin, Diesel, ...)/
gasförmig (CNG, LPG)



STROM



WASSERSTOFF

Energiespeicher

Kraftstoff wird in Tanks (Benzin/Diesel) oder in Druckbehältern (LPG, CNG, Wasserstoff) gespeichert, Strom in Hochvoltbatterien.

Die Antriebsstoffe sollten zu Beginn des Einsatzes identifiziert werden.

Vorsicht bei Bränden bei Elektrofahrzeugen oder unter Druck stehenden Gastanks in geschlossenen Räumen (Parkplatz, Unterführungen, ...)

Unter Druck stehende Gastanks müssen bei einer möglichen Beschädigung, bei einem Gasleck oder im Brandfall mit Sorgfalt behandelt werden (Überdruck / BLEVE).

Hochvoltbatterien gibt es hauptsächlich in den folgenden Typen: NiMH, Lithium-Ionen oder Lithium-Polymer. Obwohl NiMH-Batterien keine besonderen Probleme aufwerfen, können die Auswirkungen der anderen verwendeten Technologien auf das Verhalten bei Fahrzeugbränden und Verkehrsunfällen erheblich sein, insbesondere im Falle eines thermischen Durchgehens der Batterie. Das thermische Durchgehen (Thermal Runaway) ist ein Phänomen, das auftritt, wenn die Batterie hohen Temperaturen ausgesetzt wird. Seine Entstehung kann auch mit einem internen Kurzschluss oder mechanischem Stress (Penetration) zusammenhängen. Es ist jedoch zu beachten, dass eine erhebliche Wärmezufuhr erforderlich ist, um ein thermisches Durchgehen von Batterien zu erreichen.

Das Grundelement einer Batterie ist die Zelle. Eine Batterie kann aus dutzenden oder sogar tausenden Zellen bestehen. Dies können zylindrische, prismatische oder Pouch-Zellen sein.



<https://youtu.be/ha5Jl24YsGM>

Im Falle eines Thermal Runaway der Batterien wird das Löschen schwierig oder unmöglich. Umweltschutz hat hier eine hohe Priorität. Ohne Eingreifen der Feuerwehr kann ein Batteriepack eine längere Zeit brennen.



Einige Hersteller (RENAULT) installieren Zugangsöffnungen („fireman access“) an den Batteriepacks, um die Löscharbeiten zu unterstützen, indem sie Wasser direkt in die Batterie leiten.

Bei Li-Ionen-Batterien ist, im Falle eines thermischen Durchgehens, mit brennenden, wegfliegenden Teilen zu rechnen, besonders wenn die Batterie von ihrem Gehäuse getrennt wird.



<https://youtu.be/doolD6Cz8DE>

Anzeichen eines thermischen Durchgehens der Batterie sind: Temperaturanstieg, Knistern, Rauch. Es kann dabei sehr schnell thermische Energie freigesetzt werden



<https://youtu.be/bUUZWDpxj8A>

Bei Feststoffbatterien ähnelt das thermische Durchgehen einem Metallbrand, bei dem geschmolzene Metallpartikel versprüht werden.



<https://youtu.be/XrX1Quz2OCY>

Bei thermischem Durchgehen, Behälterversagen oder Überlastung, können giftige Gase freigesetzt werden (Flusssäure, Salzsäure, ...).

Das Gewicht des Batteriepacks hat einen Einfluss auf die Verteilung des Fahrzeuggewichts. Es wirkt sich also auf die Balance des Fahrzeugs aus (Gewicht konzentriert sich z. B. auf den Heckbereich). Das muss etwa beim Einsatz von Keilen zur Stabilisierung berücksichtigt werden.



Stromversorgung

Je nach Fahrzeugtyp wird die Energie über Hochvoltkabel (im Allgemeinen orange) geliefert.

Diese orangen Kabel oder sonstigen Energieüberträger (Leitungen, ...) sollten nicht manipuliert werden.



<http://youtu.be/3J4HUz18ZSQ>



<https://youtu.be/M0QoZboN8C4>

B/ SICHERHEITSVORRICHTUNGEN IM FAHRZEUG

Seit vielen Jahren versuchen Automobilhersteller, die Leistung der Sicherheitssysteme im Fahrzeug zu verbessern. Ziel ist, im Falle eines Verkehrsunfalls deutlich bessere Sicherheitsbedingungen zu schaffen. Fahrzeugsicherheit hat 3 verschiedene Dimensionen:



<http://youtu.be/O15ONXi2sEg>

Airbags

Das Airbagsteuergerät steuert alle sekundären/passiven Sicherheitsvorrichtungen.



Um ein ungewolltes Auslösen der Airbags zu verhindern, darf das Steuergerät nicht beschädigt werden.

Es gibt drei Kategorien von Airbags:

<p>Kaltgasgenerator: Solche, die mit einem pyrotechnischen Zündsatz und einer Edelgasmischung ausgestattet sind.</p>	<p>Festtreibstoffgenerator: Solche, die durch ein Patronensystem ausgelöst werden. Sie enthalten einen festen Kern und Pellets oder Pulver, wodurch sie Gas erzeugen. (Beifahrer-/Fahrerairbag)</p>	<p>Hybridgasgenerator: Solche, die mit einem Hybridsystem ausgestattet sind (Kombination aus Gas und Feststoffteilen).</p>
---	--	---

Die häufigsten:



In manchen Fällen gibt es zentrale Airbags, Sicherheitsgurairbags, Heckairbags, Knieairbags...



Es gibt Airbags, die in die Motorradjacken integriert sind. Das Auslösesystem bzw. die Art der Ausrüstung unterscheidet sich je nach Modell und Marke.

Es gibt kein spezifisches Risiko, das mit einer solchen Schutzausrüstung bei Motorradfahrern verbunden ist.



<https://youtu.be/wqB15HgiPkM>



Die ungefähre Position eines Airbags im Fahrzeug kann je nach Modell durch die folgenden Kennzeichnungen ermittelt werden: **SRS AIRBAG, AIRBAG, SRP, SIPS BAG, SIR, HPS, IC, WC, RS...** oder durch ein Symbol auf dem Armaturenbrett oder auf der Windschutzscheibe.

Abstand halten: 30 - 60 - 90 Regel

- 30 cm von Seitenairbags
- 60 cm von Fahrerairbag
- 90 cm von Beifahrerairbag



<https://youtu.be/QGpRNR6nm6U>



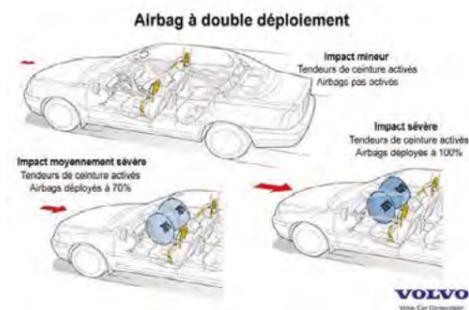
<http://youtu.be/AzfaJADTW1U>



Airbags niemals aufschneiden.



<https://youtu.be/JPmt1mx7NcY>



Es gibt einige mehrstufige Airbagsysteme, die entsprechend der kinetischen Energie im Moment des Unfalls reagieren. Sie erreichen 70 % bis 100 % der maximalen Größe, um ein angemessenes Sicherheitsniveau für das Unfallopfer zu erreichen.

Ein mehrstufiges Airbagsystem kann nicht vollständig ausgelöst sein und sich erneut öffnen! Im Zweifelsfall ist ein Airbag niemals unbedenklich. Sicherheitsausrüstung ist verpflichtend.



Legen Sie niemals Erste-Hilfe- / medizinische- / Bergungsausrüstung in Bereiche von nicht ausgelösten Airbags ab!



<https://youtu.be/xdlfoHU0k9M>



Sicherheitsgurtstraffer

Der Gurtstraffer soll die Körper der Passagiere auf dem Autositz halten. Er reduziert den Leerweg. Die Vorrichtung hat eine pyrotechnische Patrone im Inneren, die durch ein elektronisches System ausgelöst wird, um den Sicherheitsgurt zu spannen.



Der Sicherheitsgurtstraffer darf während der Rettungsarbeiten nicht beschädigt werden.

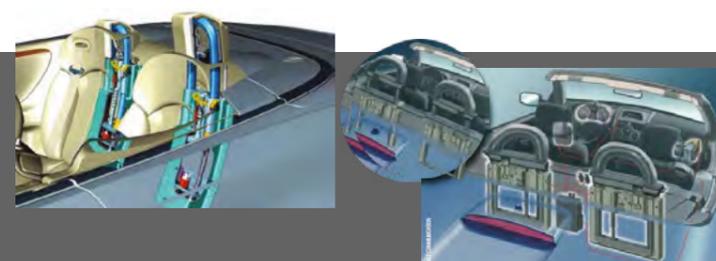


<https://youtu.be/ez39oJD3TZ8>



Überrollbügel

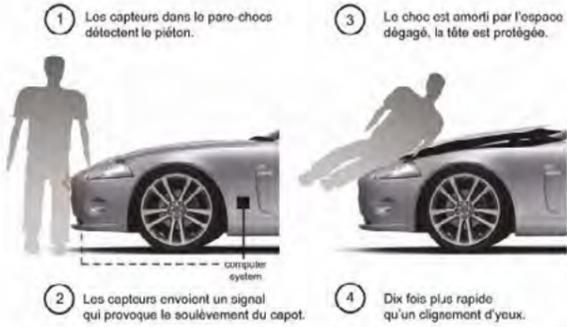
Die Überrollbügel schützen die Insassen des Fahrzeugs im Falle eines Überschlags. Bei einer starken Neigung des Fahrzeugs aktiviert eine pyrotechnische Ladung vorgespannte Federn, die den Überrollbügel ausfahren. Sie sind an folgendem Kürzel zu erkennen: ROPS (Roll over Protection System).



Das unbeabsichtigte Auslösen der Überrollbügel könnte die Sicherheit der Einsatzkräfte bedrohen.

Nicht im Entfaltungsbereich der Überrollbügel aufhalten!

Aktive Motorhaube



In dem Moment, in dem der Fußgänger vom Auto erfasst wird, hebt sich die Motorhaube durch ein pyrotechnisches System automatisch. So wird ein Teil des Stoßes während des Aufpralls absorbiert.

Nichts auf die Motorhaube legen!



<https://youtu.be/ds1FemZ7j0c>

Hinweis:

Kleine Fahrzeuge (Fiat 500, Smart, etc.) haben oft hochfeste Materialien verbaut, da die Knautschzone sehr klein gehalten werden muss.

Von einigen Herstellern werden auch Kohlefaserstrukturen verwendet. Diese haben die gleiche Beständigkeit wie die zuvor erwähnten hochfesten Metalle.



<https://youtu.be/TF4le1pwPuk>

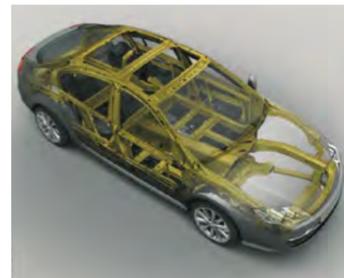
Beim Schneiden kohlenstofffaserverstärkter Kunststoffe (CFK) ist das Tragen einer Feinstaubschutzmaske aufgrund der Freisetzung von krebserregenden Kohlenstofffasern vorgeschrieben.

C/ GLASARTEN

Verstärkungen

Moderne Fahrzeuge haben eine Sicherheitsfahrzelle. Dazu werden modernste, hochfeste Materialien verwendet, die eine 7- bis 10-fach höhere Festigkeit aufweisen als normaler Stahl.

Bei einigen Arten von hochfesten Stählen können die ältere hydraulische Rettungsgeräte an ihre Leistungsgrenze stoßen.



Es müssen alternative Methoden angewendet werden.

Vor Beginn der Rettungsarbeiten ist das am besten geeignete Gerät auszuwählen.



B-Säule (Saab 1990)



B-Säule (Saab 2000)



BMW A-Säule mit Carbonverstärkung (2020)



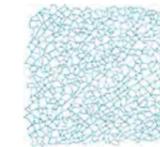
BMW B-Säule mit Carbonverstärkung (2020)



<http://youtu.be/BcMwfZ6XWwg>

Glassplitter können schwere Verletzungen verursachen, wie tiefe Schnitte, Augenverletzungen oder Lungenschäden (durch Einatmen von mikroskopischen Glasteilen während der Rettung). Einsatzkräfte und natürlich Opfer müssen gut geschützt werden. Außerdem sind die Werkzeugwahl und die Methode der Fensterentfernung je nach Art des Glases anzupassen.

Einscheibensicherheitsglas (ESG)



- Fünffmal stärker als klassisches Glas
- Zerspringt in viele kleine Stücke

Verbundsicherheitsglas



- Plastikfolie
- 240 % Elastizität
- Hält Insassen im Fahrzeug

Polycarbonat



- Bruchfest

D/ SONSTIGE EINBAUTEN

Gasdruckfedern

Sie werden häufig zur Unterstützung eingesetzt, damit sich die Motorhaube und Abdeckungen leicht schließen oder öffnen lassen.



Gasdruckfedern können im Falle eines Fahrzeugbrandes herausgeschleudert werden (Raketeneffekt) oder bei unbeabsichtigtem Durchschneiden einen Ölstrahl erzeugen.



https://youtu.be/TV_kl-dclsQ

Generell sollte ein Durchschneiden der Gasdruckfedern vermieden werden.



<https://youtu.be/TyyJi19BJPA>

Sicherheitsbatterieklammer

Diese Systeme dienen dazu, während des Aufpralls durch Abklemmen eines Pols die Batterie zu isolieren.



Das Abklemmen der Batterie muss genauso berücksichtigt werden, wie andere Energiequellen im Fahrzeug.

Kältemittel

Einige der in den Klimaanlage verwendeten Gase sind leicht entzündlich und können im Brandfall hochgiftig sein.



Vermeiden Sie Beschädigungen solcher Behälter bei den Einsatzmaßnahmen!

Metalllegierungen

Aluminium und Magnesium kommen immer häufiger in der Motorwanne, dem Motorblock, dem Kühler oder den Felgen vor.



Im Brandfall und beim Löschen mit Wasser kann es zu einer heftigen Reaktion kommen (Umherspritzen von geschmolzenem Metall). Individueller Schutz, Gefahrenbewusstsein und Voraussicht sind unerlässlich.



https://youtu.be/v8LbvD_7fmg



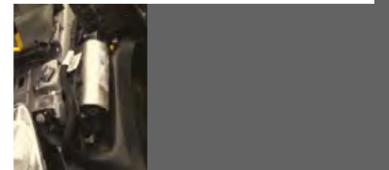
<http://youtu.be/VBu-EizAW1w>



<http://youtu.be/k6qGcVbzYqY>

Startkondensatoren

Viele Automobilhersteller statten ihre Fahrzeuge mit einem **Start-Stopp-System** aus. Diese Fahrzeuge haben Startkondensatoren, die permanent geladen sind. Im Falle eines Aufpralls kann es zu einer Freisetzung von Acetonitril (ein giftiges und brennbares Gas) kommen.



Vermeiden Sie Beschädigungen an Startkondensatoren bei den Einsatzmaßnahmen!

Automatische Löschanlagen

Automatische Drucklöschanlagen zum Löschen von Bränden im Motorraum finden sich in Bussen und PKW.

Beispiel Bus



Bei Bergungs- oder Brandeinsätzen müssen diese Vorrichtung berücksichtigt werden.

Beispiel Auto



Verschiedene Materialien, die in modernen Autos verwendet werden

Durch den Einsatz neuartiger Werkstoffe haben die Hersteller die Brandlast und die Konzentration chemischer Produkte in modernen Fahrzeugen deutlich erhöht.



Bei einem Fahrzeugbrand müssen die thermischen und toxischen Auswirkungen berücksichtigt werden!

Reifen

Ein Reifenplatzer wird in der Regel auf Überhitzung zurückgeführt, kann aber auch durch **Pyrolyse** verursacht werden.

Wenn der Reifen starker Hitze ausgesetzt ist, zerfällt der Gummi und setzt chemischen Substanzen frei, wie Methan und Wasserstoff. Diese brennbaren Dämpfe in Verbindung mit dem im Reifen eingeschlossenen Sauerstoff **entzündet sich, wenn die Temperatur 430°C erreicht** und verursachen eine Explosion.



Im Falle eines Fahrzeugbrandes (insbesondere bei LKWs und Bussen) kann das Platzen eines Reifens daher für die Einsatzkräfte gefährlich sein (Knall, umherfliegende Teile, Hörsturz). Vorsicht vor verzögerten Reifenplatzern, die nach dem vollständigen Ablöschen des Fahrzeugs auftreten können!



http://youtu.be/QhdQ_hoCx0U



<https://youtu.be/4ExlZ0co56o>

D/ FAHRZEUGTECHNIK LKW

Allgemeines zu LKWs



<https://youtu.be/iOLB9yFpc64>

Verstärkungen und Gewicht

Die Strukturen im LKW sind verstärkt, um höhere Lasten zu bewältigen und mehr Widerstandsfähigkeit zu gewährleisten.

Einsatzmaßnahmen an LKWs müssen die Verstärkungen und das Gewicht der Bauteile berücksichtigen, insbesondere beim Entfernen von Türen und Windschutzscheiben. Geeignete Rettungs- und Stabilisierungswerkzeuge sind zu verwenden.



Die Datenblätter zur Lkw-Rettung sind im Anhang unter „Technische Datenblätter“ zu finden.



Größe und Massenverteilung des Fahrzeugs

Im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen sind LKWs weit größer und ihre Massenverteilung erfordert eine Anpassung der Einsatztechniken durch die Feuerwehr. Daher ist es erforderlich, in der Höhe zu arbeiten und die Zugänglichkeit der Unfallopfer ist erschwert. Es gibt spezielle Techniken, um Unfallopfer aus LKWs zu retten.

Während des Einsatzes kann der Gebrauch einer Rettungsplattform erforderlich sein.

Berücksichtigen Sie bei Stabilisierungsmaßnahmen die Verteilung und Menge der Ladung!



Flüssigkeiten in Tanks

LKWs verwenden Flüssigkeiten wie Öl, Treibstoff oder AdBlue. Im Gegensatz zu anderen Fahrzeugen transportieren LKWs viel größere Mengen an Flüssigkeiten (400 bis 1.500l). Die Tanks fassen mehrere hundert Liter.



Aufgrund der Menge und potentiellen Giftigkeit mancher Flüssigkeiten müssen bei Verkehrsunfällen Schutzmaßnahmen gegen Umweltverschmutzung und chemische Gefahren getroffen werden.

Besonders zu beachten

- Die von einigen LKWs transportierten Produkte (Art und Menge) können sich auf den Feuerwehreinsatz auswirken.
- Ein LKW kann alternative Energien zum Antrieb nutzen.
- Es können heiße mechanische Elemente vorhanden sein (Katalysator: 850°C).
- Es sind nur wenige Rettungsdatenblätter und -leitfäden für LKWs und Busse für die Feuerwehr verfügbar.
- Schlafplätze zusätzlich zu den Sitzen in der Fahrerkabine sollten ebenso berücksichtigt werden, wie mögliche fremdsprachiger Unfallopfer.

Besonderheiten bei technischer Hilfeleistung an Bussen

Busse und Reisebusse sind schwere Fahrzeuge mit folgenden Besonderheiten: eine große Anzahl an Opfern, Hindernisse für das Vorankommen der Rettungskräfte im Falle eines Überschlags (auf der Seite oder auf dem Dach liegend) und hohe Brandlasten.

- Zusätzlich zu Sitzplätzen, könnten auch Schlafplätze vorhanden sein. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass viele Unfallopfer fremdsprachig sein könnten. Schlafabteile sind in Reisebussen nicht generell vorgesehen, aber falls es sie gibt, ist ihre Position schwierig zu finden.



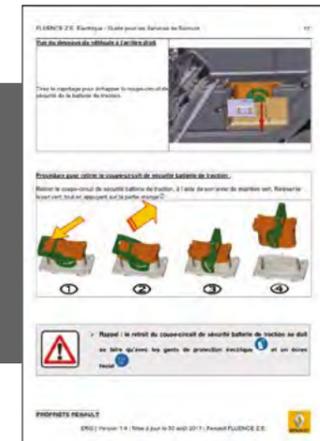
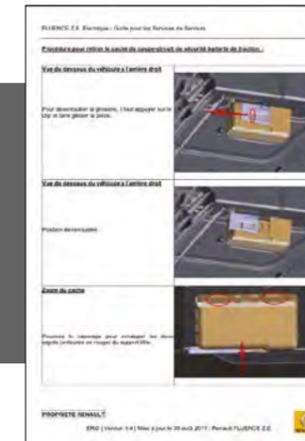
Auf einigen Bussen ist ein Zeichen für einen schlafenden Fahrer abgebildet. Sie können sich an den vorderen oder hinteren Einstiegen befinden.



Entscheidungshilfen für Einsatzkräfte

A/ RETTUNGSLFITFADEN (ERG)

In der Regel werden diese Anleitungen in Form von Broschüren von den Herstellern produziert und ausgegeben. Sie beinhalten Informationen zu Identifikation, Absicherung und den zu setzenden Einsatzmaßnahmen inklusive Deaktivierung des Antriebssystems.



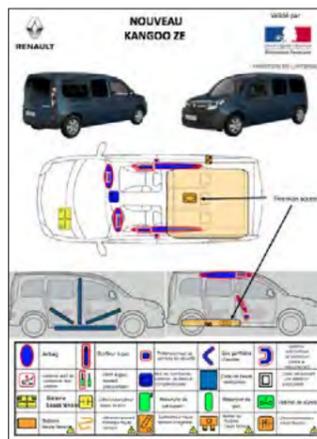
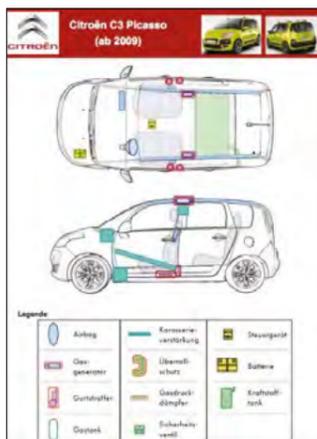
Rettungsleitfäden gibt es auch für Lastkraftwagen und Busse.



Die Rettungsleitfäden sind mittlerweile standardisiert (ISO Norm 17 840-3). Das vorgeschlagene Format wird bereits von einigen Herstellern verwendet. Es basiert auf einem Farbcode für jede der Aktionen, die Retter durchführen können (Erkennung, Sicherung, Feuer,...):

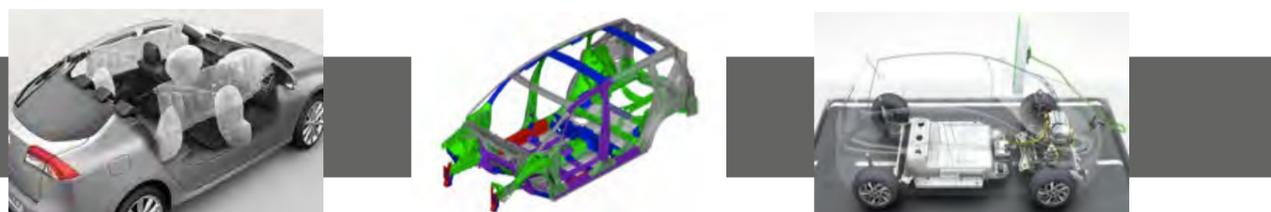
1. Identifizierung/Erkennung
2. Immobilisieren/Stabilisieren/Anheben
3. Direkte Gefahren ausschalten/Sicherheitsbestimmungen
4. Zugang zu den Insassen
5. Gespeicherte Energie/Flüssigkeiten/Gase/Feststoffe
6. Im Brandfall
7. Im Falle des Untertauchens
8. Abschleppen/Transport/Lagerung
9. Wichtige zusätzliche Informationen





Rescue data sheets are intended to provide emergency services with the most important information available, so they can act safely.

You also describe pyrotechnic elements, vehicle structural reinforcements and drive components:



They are generally referred to as **Rescue data sheets**.

These data sheets normally consist of one sheet (single or double-sided), in exceptional cases up to 4 pages. They are based on **drawings or images of the vehicle** and contain information for a safe rescue.

The **ISO-standardized rescue data sheets**, which replace the current ones, use the following symbols:

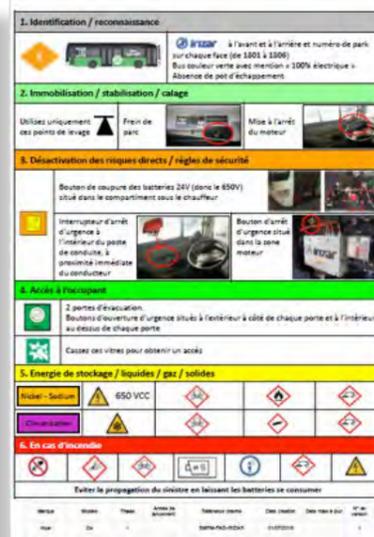
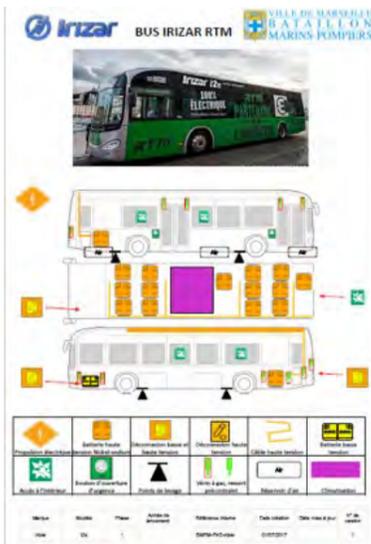
	Airbag		Gonfleur à gaz		Prétensionneur de ceinture de sécurité		Sac gonflable d'assise		système automatique de protection contre le retournement
	système actif de protection des piétons		vérin à gaz, ressort précontraint		Bloc de commande SRS		Zone de haute résistance		Zone nécessitant une attention particulière
	Batterie basse tension		Ultracondensateur basse tension		Réservoir de carburant		Réservoir de gaz		Robinet de sûreté
	Batterie haute tension		câble/composant d'énergie haute tension		Sectionneur haute tension d'urgence		Boîtier de fusibles haute tension		Ultracondensateur haute tension

These rescue data sheets also contain essential information for the rescue services, based on the chapters and colors of the rescue ropes (Recognize, Secure, Isolate, etc.).

The front side of the rescue data sheet contains the elements found in the classic rescue data sheet, while the back side contains schematic and concise instructions from the rescue rope.

This principle is also applied to trucks and buses (ISO Norm 17 840-2) (see example on the right).

This format recommended by EuroNCap (see section on EuroNCap-App) is already used by some car manufacturers and is becoming more widespread.



The difference between rescue data sheets and rescue ropes can be summarized as follows:

Use document as decision aid

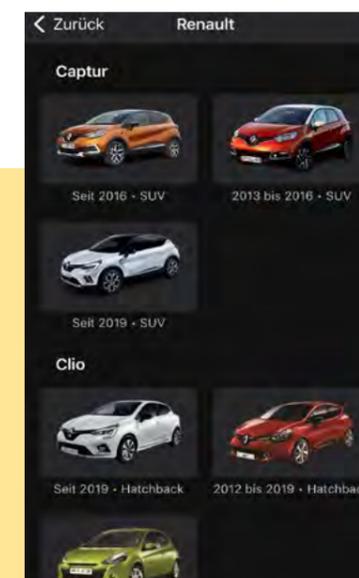
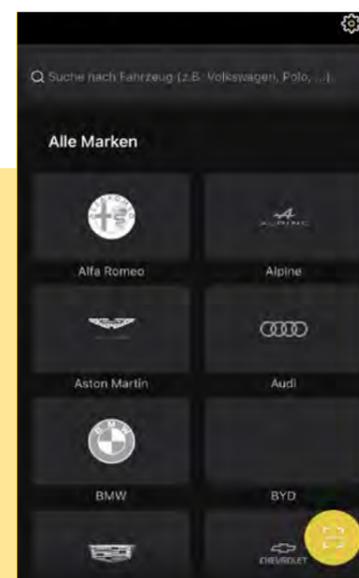


Manufacturer documents:
Rescue data sheets

Training documents:
Rescue ropes (ERG)

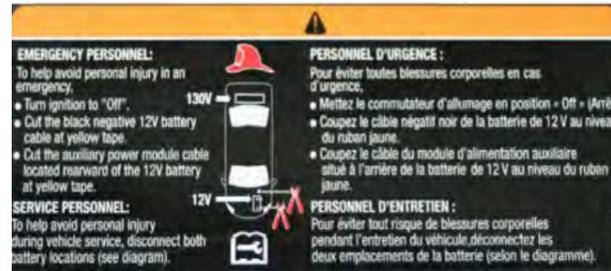
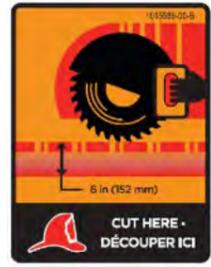


All these rescue data sheets are available through the free Euro Rescue app (developed by EuroNCap), which was developed by the organization responsible for vehicle safety classification.



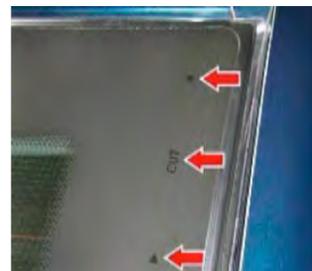
Informationen zu Energiequellen

Informationen, die den Rettern bei der Entscheidungsfindung helfen, können im Fahrzeug platziert werden. In der Regel handelt es sich dabei um Aufkleber, die anzeigen, welche Maßnahmen wo von der Feuerwehr zu ergreifen sind.



Informationen zu Rettungstechniken

Bei einigen Modellen werden mögliche Schnittlinien vom Hersteller angegeben.





2. Teil:
Hybridfahrzeuge und
Elektrofahrzeuge

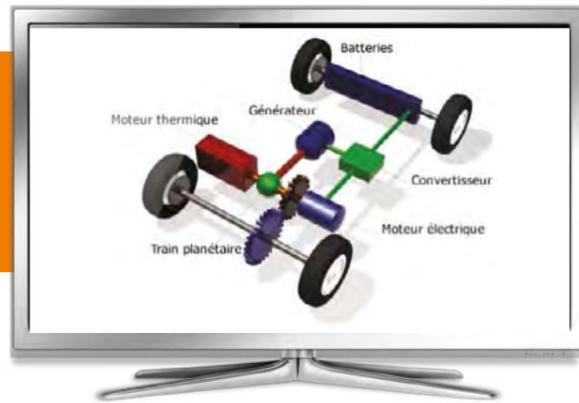
Elektrofahrzeuge und
Hybridfahrzeuge



Elektrofahrzeug:
Ausschließlich durch ein
elektrisches System
angetrieben.

Hybridfahrzeug: Kombination
aus einem Verbrennungs-
motor und einem elektrischen
Antriebssystem

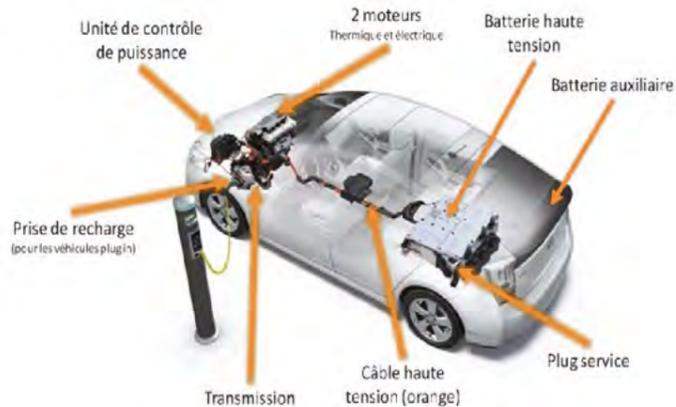
Elektro- oder Hybridtechnologien können für jede Art von Kraftfahrzeug eingesetzt werden, wie z.B. LKW, PKW, Busse, Motorräder, ... Der Hauptunterschied zwischen E-Fahrzeugen und Hybridfahrzeugen ist die benötigte Leistung, um das Fahrzeug in Bewegung zu setzen, und somit die Anzahl der notwendigen Batterien im Fahrzeug.



<http://youtu.be/id4ZG1OlfSE>

i Es ist jetzt auch möglich ein Benzin- oder Dieselfahrzeug in ein E-Fahrzeug umzuwandeln (Umrüstung).

Spezielle Ausstattungen von E-Fahrzeugen



Hochvoltkabel können dank ihrer **orangenen Farbe** leicht erkannt werden, um sie vom normalen elektrischen Netz (< 60V) zu unterscheiden.

In E-Fahrzeugen/Hybridfahrzeugen finden sich verschiedene Arten von Batteriepacks (meist im hinteren Teil des Fahrzeugs): Lithiumionen (Li-ion), Feststoff, Nickel-Metallhydrid (NiMH) mit Spannungen von rund **200 bis 900V**.



Alle diese Ausstattungen sind in der Regel auch in E-Fahrzeugen eingebaut (abgesehen vom Motor, natürlich).

i Leichte Hybride gibt es mit 48V-Batterien.

Kennzeichnung eines Hybrid-/Elektrofahrzeugs



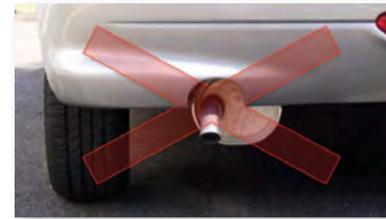
Äußere Hinweise und Symbole:

Die Elemente werden zu Werbezwecken oder zur Erkennung des Modells am Fahrzeug angebracht.



Ladestecker:

Der Stecker kann sich an verschiedenen Stellen des Fahrzeugs befinden, bestätigt aber das Vorhandensein eines Batteriepacks.



Fehlende Auspuffrohre:

Tatsächlich haben 100%ige Elektrofahrzeuge keine Auspuffrohre. Ausnahme Range-Extender.



Energiespeicherung:

Eine HV-Batterie ist ein Charakteristikum eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugs.



Das Batteriepaket wird in der Regel an den Flanken (Unterseite) des LKWs angebracht...



Batteriepacks



... aber bei Bussen wird es generell an der Oberseite angebracht.

Sicherheitsausstattung von Hybrid- und E-Fahrzeugen

A/ ALLGEMEINES

Der Hersteller trifft Vorkehrungen, um sicherzustellen, dass die **Sicherheit bei Hybridfahrzeugen/E-Fahrzeugen** auf höchstem Niveau ist.

- Hochvoltkabel sind außerhalb der üblichen Schnittstellen verlegt;
- Die Länge der Hochvoltkabel wird reduziert;
- Batteriepacks sind an geschützten Stellen untergebracht (z. B. zwischen den beiden Hinterrädern oder an einer zentralen Stelle);
- Stoßsichere Batteriepacks

Darüber hinaus können Hybrid- oder Elektrofahrzeuge mit Vorrichtungen ausgestattet sein, die **eigens für das Abklemmen der Batterien vorgesehen sind**:

- Automatische Systeme (Sicherungen, Relais), im Falle eines heftigen Stoßes oder bei Temperaturanstieg;
- Manuelle Systeme (Servicestecker)

Einige Batterien sind mit einer Zugangsöffnungen („Fireman Access“) ausgestattet, die die Löscharbeiten erleichtert.

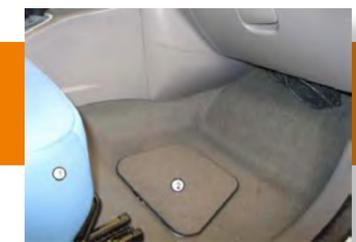
Sie können sich je nach Modell an **unterschiedlichen Stellen befinden**, da es keinen Standard für Servicestecker gibt.



Renault 3 Kangoo ZE



Mitsubishi Miev
(Unter linkem Vordersitz)



Renault Zoé
am Boden

Der **Rettenungsleitfaden** des Fahrzeugs enthält die **notwendige Sicherheitsvorschriften für Einsatzkräfte**.

C/ ERKLÄRUNG HOCHVOLT-TRENNSTELLE

Dieses für Rettungsdienste bestimmte System gewährleistet die elektrische Sicherheit von Fahrzeugen durch den Einsatz einer Pilotlinie unter Niederspannung. Die Abtrennung kann mittels Werkzeug oder durch manuelle Betätigung an den vom Hersteller vorgesehenen Vorrichtungen (siehe oben) realisiert werden.



Verschiedene Einbauorte sind möglich, es gibt keinen Standard. Die Hochvolt-Trennstellen sind modellspezifisch.

B/ ERKLÄRUNG SERVICESTECKER

Grundsätzlich sind Servicestecker für Personen gedacht, die mit Autos arbeiten (Mechaniker, Karosseriebauer, ...), um die **Batterie temporär zu trennen**.

Arten von Servicesteckern

Beispiele für Servicestecker

Not-Aus-Schalter:
Intuitiv



Mini E



Honda Civic



Ford Escape Hybrid



DAF Trucks



Heuliez-Bus

Spezielle Vorrichtung:



Fluence ZE
Kangoo ZE



Nissan Leaf



Ford Focus electric



Mercedes Benz



Mitsubishi Miev



Tesla Model 3
(Motorhaube)



Tesla Model S
(Hinterer Türrahmen)



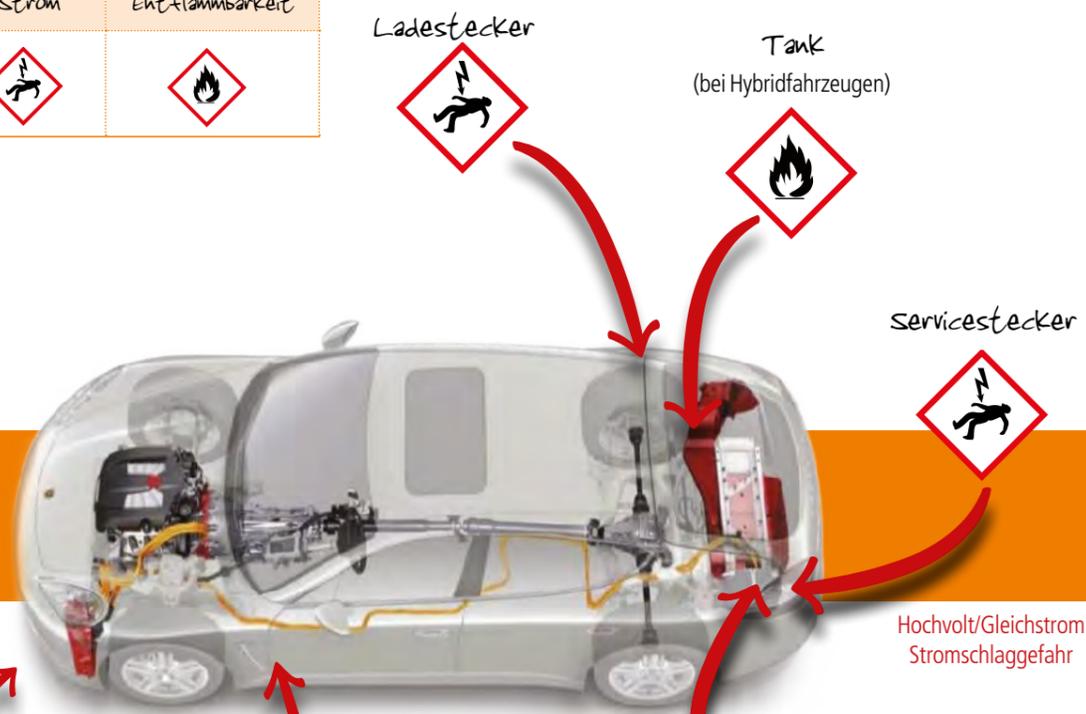
BMW Serie 3 PHEV
(Kofferraum innen rechts)



BMW i3
(Motorhaube)

Zusätzliche Risiken bei E- und Hybridfahrzeugen

Giftstoffausstoß	Strom	Entflammbarkeit
		



Hohe Kapazität



Hochvoltanlage/Gleichstrom
Giftige Gasdämpfe

Orange Kabel



Hochvolt/Gleichstrom

Antriebsbatterie



Hochvolt/Gleichstrom
Giftige und ätzende Gasdämpfe bei brennendem oder aufgerissemem Batteriepack

3. Teil:
Flüssiggasfahrzeuge (LPG)



Funktionsweise Grundlagen

Flüssiggas (LPG)

LPG ist eine Mischung aus flüssigem Propan und Butan. Im Winter enthält die Mischung mehr Propan, während sie im Sommer mehr Butan enthält. LPG-Fahrzeuge werden auch Autogasfahrzeuge genannt. Ihre Motoren werden mit Flüssiggas angetrieben, das in einem Stahltank gelagert wird. Fahrzeuge können ausschließlich LPG oder LPG und Benzin („bi-fuel“) nutzen.

Das ist vor allem in Autos, aber auch in LKWs und Bussen zu finden.

i LPG wird mit Mercaptan odoriert.

LPG lagert in einem Tank mit 8bar Druck (70 bis 80 Liter).
20% ungenutztes Volumen im Tank



Leitung in den Motor
In speziellen Schläuchen



Verdampfung
Flüssig zu gasförmig

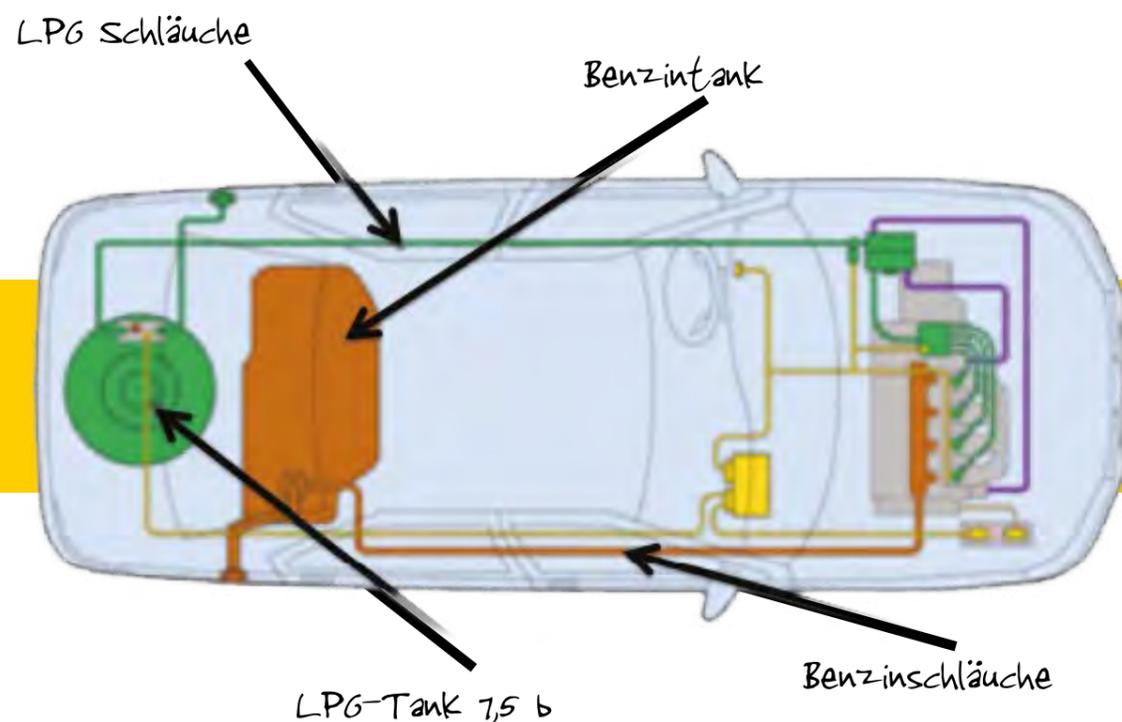


Verbrennung
Motor läuft



spezielle Ausstattungen von LPG-Fahrzeugen

Es gibt kein Unterscheidungszeichen (Aufkleber, Farbe, ...), um LPG-Schläuche zu identifizieren.



Kennzeichnungselemente eines LPG-Fahrzeugs



unterscheidungsmerkmale:

Diese Elemente sind nur zu Werbezwecken am Fahrzeug angebracht. Es gibt keine Vorgaben, wie dieser Fahrzeugtyp zu kennzeichnen ist.



Der Einfüllstutzen:

Der Treibstoff wird als Flüssigkeit in einen Fahrzeugtank eingefüllt, indem die Zapfpistole der Tankstelle mit dem Einfüllstutzen des Fahrzeugs verbunden wird. Ein Rückschlagventil verhindert, dass die Flüssigkeit in der Leitung zwischen dem Einfüllstutzen und dem/den Tank(s) entweicht, wenn die Zapfpistole entfernt wird. Die Einfüllstutzen sind in der Regel aus Messing, um die Funkenbildung beim Anbringen oder Abnehmen der Zapfpistole zu vermeiden, die bei der Verwendung von Stahl auftreten könnte.



Energiespeicherung:

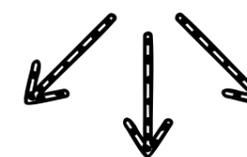
Ein dünnwandiger Blechtank ist ein Charakteristikum eines LPG-Fahrzeugs.

Sicherheitsvorrichtungen

stahl tanks

sicherheitselemente

ELEKTRONISCH GESTEUERTES Absperrventil, das den Gasfluss zum Motor stoppt, wenn der Motor aus irgendeinem Grund stehen bleibt.



Einige Tanks sind mit einer Schmelzlot-sicherung ausgestattet, der bei 110 °C schmilzt und Gas an die Luft freisetzt.

Überdruckventil, wenn der Druck im Tank über 27 bar liegt



stehendes Fahrzeug
Regelmäßige Abstände
Gasflamme



Auf dem Dach liegendes Fahrzeug
Gleichmäßig
Flüssiggasflamme

Schwachstellen der Sicherheitseinrichtungen im Brandfall



Das Überdruckventil öffnet sich, wenn der Druck bei 27 bar liegt.

Fahrzeug auf dem Dach oder auf der Seite:

Das Ventil setzt flüssiges Gas frei. Trotz der Stichflamme gibt es keine Zustandsänderung im Inneren des Tanks im Falle einer Ventilöffnung, sodass die Temperatur im Inneren nicht abnimmt.



Es kann zu einer BLEVE kommen

Flüssigkeitsmangel im Tank:

Der Druck steigt an, aber nicht genug, um das Ventil zu öffnen.



Gefahr des Materialversagens und Explosion des Tanks infolge seiner Versprödung durch die thermische Belastung

Zylindrische Tanks:

Der obere Teil des Zylinders gibt bei hohen Temperaturen schneller nach. Der Tank kann an dieser Stelle reißen, bevor das Ventil auslöst.



Der Tank kann reißen.*

Unzureichender Durchfluss im Überdruckventil:

Der Stahl des Tanks überhitzt und wird dadurch geschwächt.



Der Tank kann reißen.*

Tank in geschlossenem Raum (Kofferraum, Werkzeugkiste):

Eine Stichflamme in einem geschlossenen Raum bedeutet einen schnellen Anstieg von Temperatur und Druck.



Der Tank kann reißen.*

*Gleiche Hitzeeffekte wie BLEVE, aber keine umhergeschleuderten Bauteile.

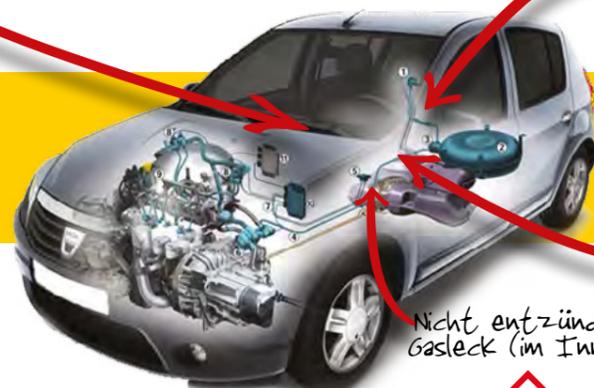
Zusätzliche Risiken bei LPG-Fahrzeugen

Toxisch	Hitze	Explosion

Nicht entzündetes Gasleck



Stichflamme



Tankexplosion



Nicht entzündetes Gasleck (im Inneren)



4. Teil:
Erdgasfahrzeuge (CNG)

Funktionsweise Grundlagen

Ein Erdgasfahrzeug ist ein Fahrzeug mit alternativem Antriebssystem, das mit komprimiertem Erdgas (CNG) oder Flüssigerdgas (LNG) betrieben wird. In diesem Teil konzentrieren wir uns auf CNG-Fahrzeuge, in denen Gas in verschiedenen Tanks mit einem Druck von 200 bar gespeichert ist.

i CNG wird mit Mercaptan odoriert.

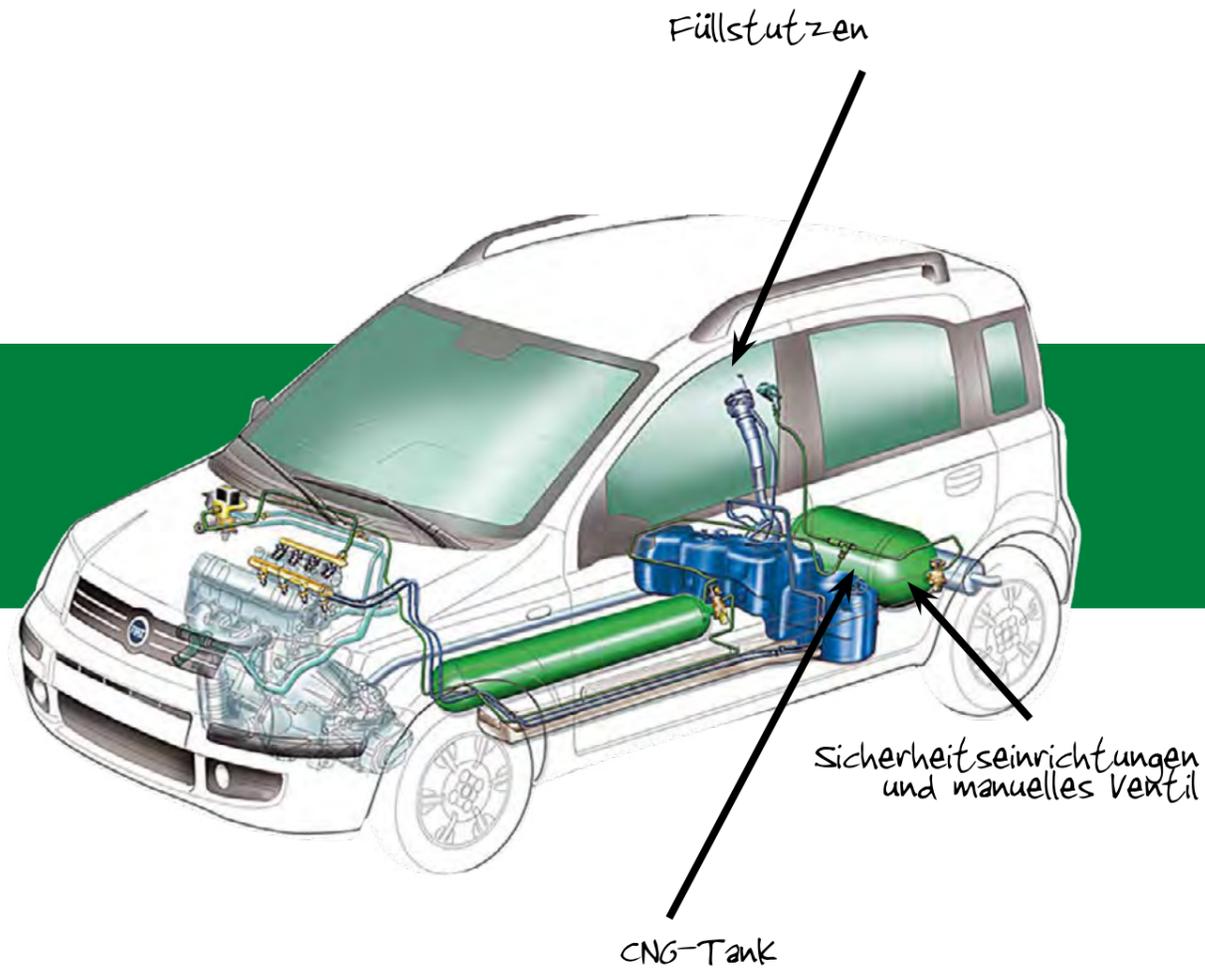
CNG wird in Tanks gespeichert (200 bar).

Leitung in den Motor
In eigenen grauen Edelstahlrohren

Verbrennung
Motor läuft

CNG ist in LKWs, öffentlichen Transportmitteln und selten in Hybridautos zu finden.

Spezielle Ausstattungen von CNG-Fahrzeugen



Kennzeichnungselemente eines CNG-Fahrzeugs



Logo und Symbole:

Diese Elemente sind zu Werbezwecken oder zur öffentlichen Identifizierung angebracht.



Manuelles Ventil am Tank:

Solche Vorrichtungen sind charakteristisch für CNG-Fahrzeuge.



Füllstutzen

Der Gaseinfüllstutzen befindet sich oft beim Benzineinfüllstutzen.



Treibstofflagerung:

Ein Tank (mehrere Tanks bei LKWs und Bussen) ist ein Charakteristikum eines CNG-Fahrzeugs.



Bei LKWs befinden sich die Tanks im Allgemeinen an den Seiten.



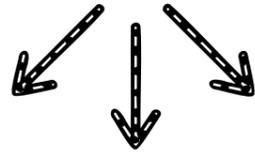
CNG-Tanks

Bei Bussen befinden sie sich im Allgemeinen am Dach.

Stahl- oder Kompositantank

Sicherheitsvorrichtungen

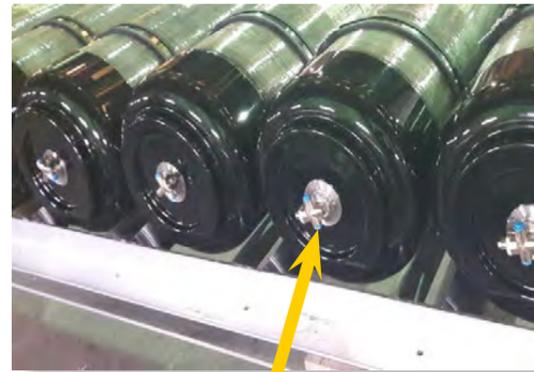
Elektromagnetisches Ventil stoppt den Gasfluss, wenn der Motor aus irgendeinem Grund stehen bleibt



Schmelzlotsicherung schmilzt bei 110 °C; Zeit bis zur Entleerung des Tanks: 2-3 Min

Manuelles Ventil:

Einige Busse haben ein Sicherheitsventil an beiden Enden der Tanks.



Schwachstellen der Sicherheitseinrichtungen im Brandfall



Ab einer gewissen Füllmenge ist mittlerweile auf jeder Seite ein Ventil vorgeschrieben.

Eine Thermo- oder Schmelzlotsicherung an einem Ende des Tanks funktioniert allerdings nicht, wenn der Temperaturanstieg am anderen Ende des Tanks auftritt. Dies ruft einen **Druckanstieg** hervor, der eine **Explosion** auslösen kann.

Toxisch	Hitze	Explosion



Tankexplosion



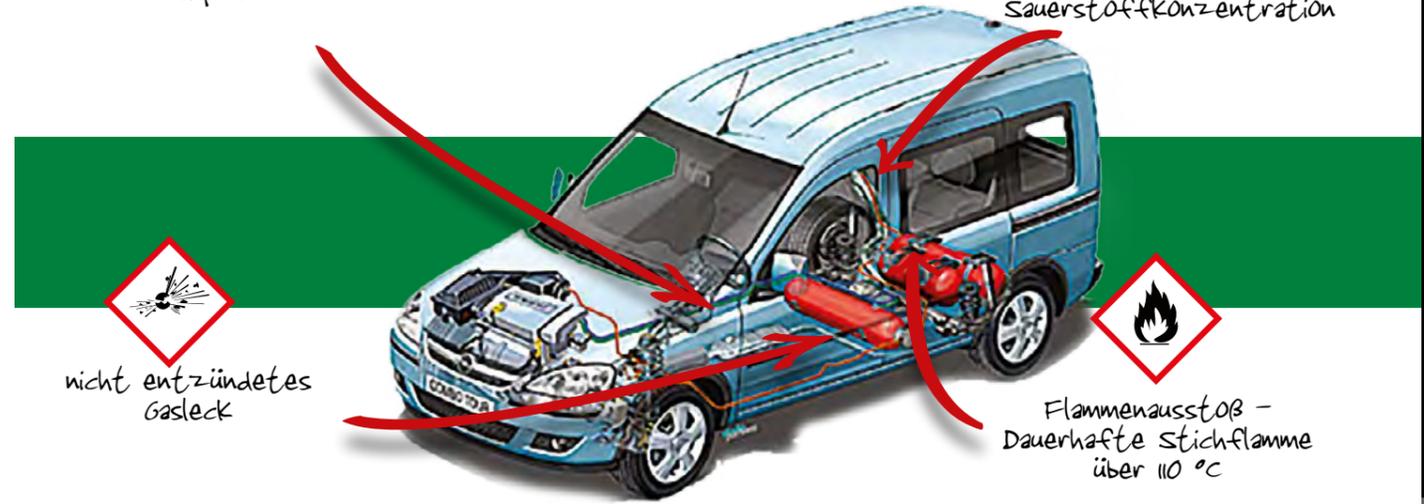
Sinkende Sauerstoffkonzentration



nicht entzündetes Gasleck



Flammenausstoß - Dauerhafte Stichflamme über 110 °C





5. Teil:
Flüssigerdgasfahrzeuge
(LNG)

Funktionsweise Grundlagen

LNG (Flüssigerdgas) ist Methan (CH₄), das durch Absenken der Temperatur (-160 °C) verflüssigt wird. Die Verflüssigung ermöglicht die Lagerung von LNG auf engem Raum. Im Vergleich zu einem CNG-Tank mit gleichem Volumen, kann etwa die 5-fache Menge an LNG gelagert werden. LNG ebnet somit den Weg für lange Strecken und mehr Unabhängigkeit. Tankaufbau: doppelwandiges Edelstahlgehäuse, getrennt durch eine Luftschicht (Thermoskannenprinzip).

i LNG hat keinen Geruch und ist auch nicht mit Mercaptan odorisiert.



LNG wird in einem Tank gespeichert

10 bar



Transport in den Motor

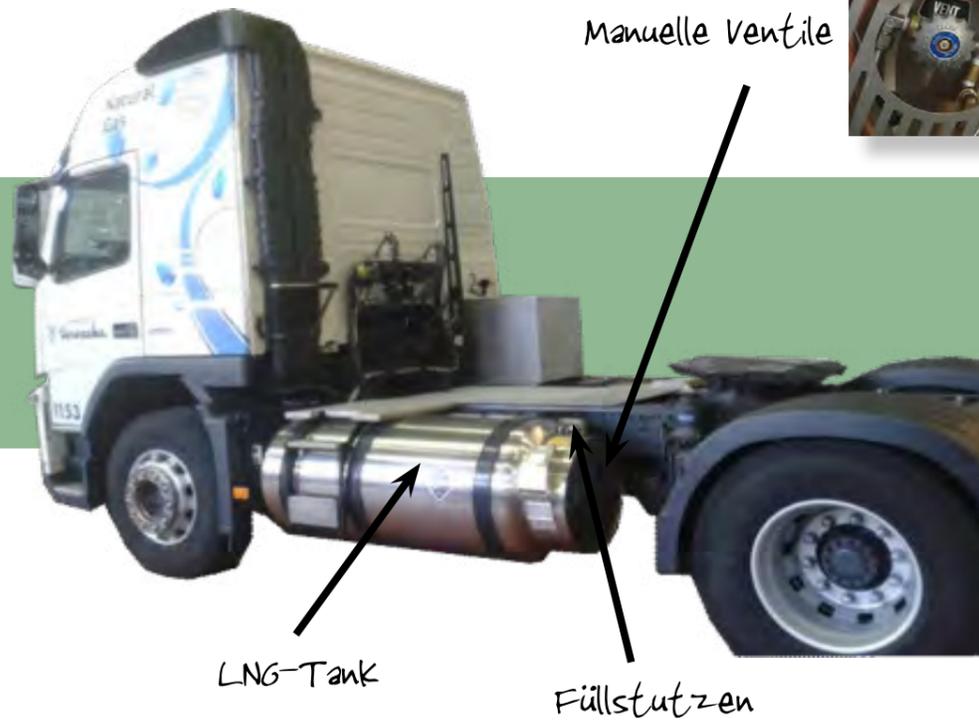


Verbrennung
Der Motor wird gestartet



Nur schwere LKWs sind derzeit für einen derartigen Antrieb ausgerüstet.

spezielle Ausstattungen von LNG-Fahrzeugen



! Manche LNG-Schwerlastwagen verfügen zusätzliche über CNG-Tanks.

Erkennungsmerkmale von LNG-Fahrzeugen



Logo und Symbole:

Diese Elemente sind zu Werbezwecken oder zur öffentlichen Identifizierung angebracht.



Externe manuelle Ventile:

Solche Vorrichtungen sind charakteristisch für LNG-Fahrzeuge.



Füllstutzen:

LNG-Fahrzeuge sind mit einem speziellen Einfüllstutzen zum Tanken von Erdgas ausgestattet.



Treibstofflagerung:

Das Vorhandensein mehrerer Tanks ist ein Charakteristikum von LNG-Fahrzeugen.

Eingebaute Sicherheitsmechanismen

Die im Fahrzeug vorgesehenen Sicherheitsvorrichtungen sind zur Sicherheit der Rettungskräfte gedacht:

doppelwandige Edelstahltanks

Sicherheitsvorrichtungen

AUTOMATISCHE VENTILE (safety by default) bei einigen Modellen

Manuelle Ventile

Ventile, die öffnen, wenn der Innendruck 16 und 24 bar überschreitet.



LNG-Fahrzeug Brandtest (Stichflamme nach oben)

Achtung: Nicht alle LNG-Fahrzeuge haben automatische Ventile. Die Gaszufuhr ist also nicht automatisch unterbrochen, wenn die Zündung deaktiviert wurde.

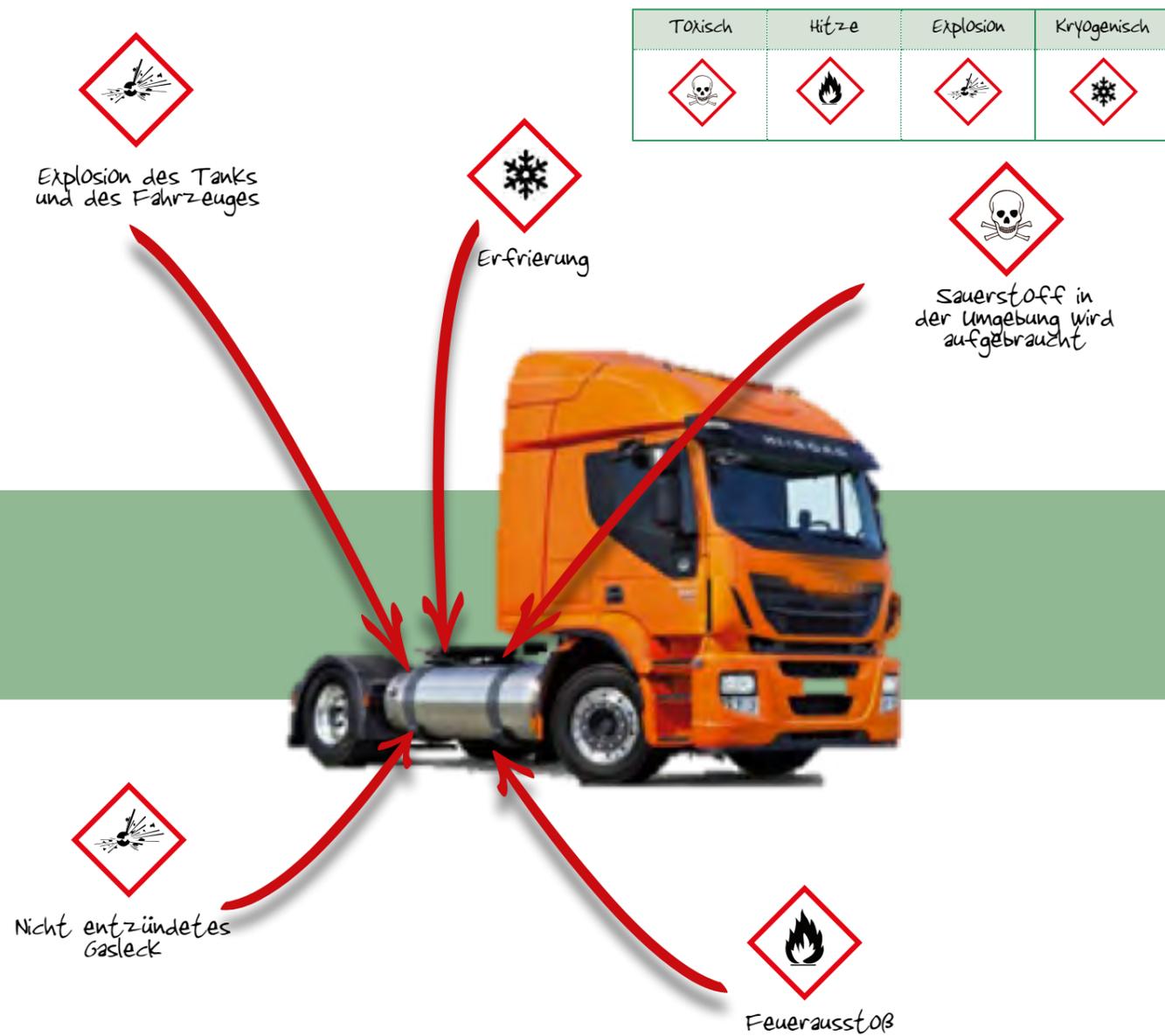
Schwachstellen der Sicherheitsvorrichtungen im Brandfall



Eine doppelte Absicherung durch den Einbau von Thermo­sicherungen in LNG-Tanks ist derzeit nicht vorgeschrieben. Das Ventil könnte durch den Brand so stark beschädigt werden, dass es nicht mehr funktioniert, wodurch der Druck im Tank bis zum BLEVE-Risiko ansteigt.

Auf Basis verschiedener Experimente wurden Empfehlungen zur Verbesserung der Vorschriften für eine höhere Sicherheit von LNG-Tanks gegeben.

Zusätzliche Risiken bei LNG-Fahrzeugen



6 Teil:
Brennstoffzellenfahrzeug
(FCEV / Wasserstofffahrzeug)

Funktionsweise Grundlagen

Ein Brennstoffzellenfahrzeug (FCV oder FCEV) verwendet **eine Brennstoffzelle für den Antrieb des eingebauten Elektromotors**. Brennstoffzellen in Fahrzeugen generieren Strom, um einen Elektromotor anzutreiben und nützen dabei Sauerstoff aus der Luft und Wasserstoff. Ein Brennstoffzellenfahrzeug das ausschließlich von Wasserstoff angetrieben wird, stößt nur Wasser und Hitze aus, keine Schadstoffe. Es gilt daher als emissionsfreies Fahrzeug.

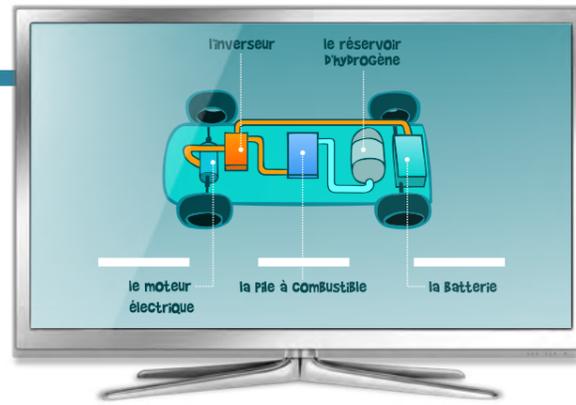
Ein Brennstoffzellenfahrzeug hat also einen alternativen Antrieb (mit denselben Vorrichtungen wie ein Elektrofahrzeug: Batterie, je nach Hersteller Servicestecker, ...). Es produziert seinen eigenen Strom, der einen Elektromotor versorgt (Full-Power-Technologie) oder die Laufzeit der Batterien verlängert (Technologie zur Reichweitenverlängerung).

Komprimierter Wasserstoff wird im Gaszustand unter 350 bis 700 bar Druck in Tanks vom Typ III oder Typ IV gespeichert.

Typ III Tanks bestehen aus Verbundwerkstoff, Glasfaser/Aramid oder Kohlefaser mit einer Metallauskleidung (Aluminium oder Stahl).

Die Tanks befinden sich generell im hinteren Teil des Fahrzeuges. Sie sind zylinderförmig. Es kann einen oder zwei Tanks geben.

i Wasserstoff wird nicht odoriert.



http://youtu.be/ldafaQ_LAZM

Besonderheiten

Die Brennstoffzelle kann als Reichweitenverlängerer in ein Elektroauto eingebaut werden, wie es unten an einem Kangoo ZE gezeigt wird.



Kennzeichnungselemente eines Brennstoffzellenfahrzeuges



Unterscheidungsmerkmale:

Diese Kennzeichnungen sind nur zu Werbezwecken am Fahrzeug angebracht. Es gibt keine Vorgaben, wie dieser Fahrzeugtyp zu kennzeichnen ist.



Füllstutzen

Wasserstoff-Füllstutzen können sich in der Nähe der Stromladebuchse befinden.



Treibstofflagerung

Ein oder mehrere Tanks und eine Hochvoltbatterie sind Charakteristika eines Brennstoffzellenfahrzeuges.

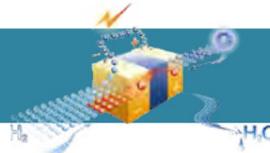
Wasserstoff wird in einem oder zwei Tanks gespeichert, zwischen 350 und 700 bar Druck je nach Hersteller



Transport in die Brennstoffzelle Gasförmig



Chemische Reaktion $2H_2 + O_2 \Rightarrow 2H_2O + \text{Elektronen}$

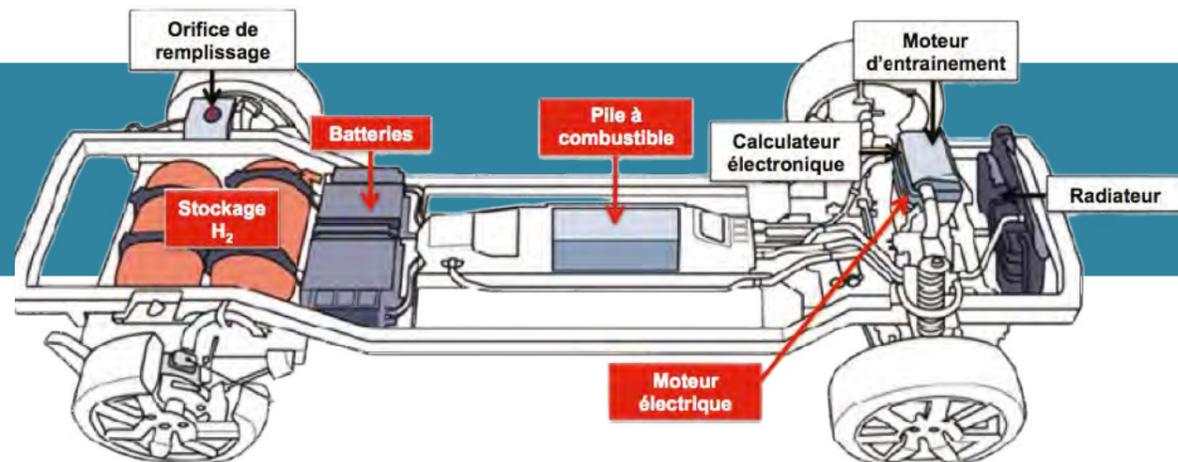


Stromnutzung Elektromotor - Hochvoltbatterien

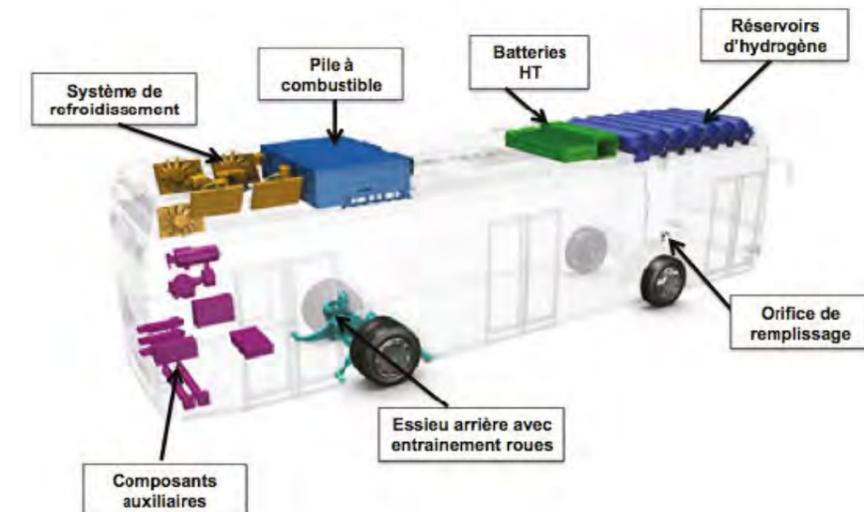


Wasserstoff ist mittlerweile für alle Transportwege (Land, Wasser) interessant.

Spezielle Ausstattungen von Brennstoffzellenfahrzeugen



Bei Brennstoffzellenbussen befinden sich die Wasserstofftanks und Batterien in der Regel auf dem Dach.



Sicherheitsvorrichtungen

Die im Fahrzeug vorgesehenen Sicherheitseinrichtungen sind zur Sicherheit der Rettungskräfte gedacht:

Kompositanks Sicherheitseinrichtungen

ELEKTROMAGNETISCHES VENTIL stoppt den Gasfluss, wenn der Motor aus irgendeinem Grund stehen bleibt

Alle Treibstoffsysteme verfügen in jedem Tank über integrierte, temperaturaktivierte Druckentlastungsvorrichtungen (TPRD). Sollte(n) der/die Tank(s) einer hohen Temperatur ausgesetzt sein, schmilzt ein Metallstopfen und Wasserstoff wird schnell freigesetzt (allgemein im hinteren, oberen oder unteren Teil des Fahrzeugs). Dieser Vorgang ist sehr laut. Da Wasserstoff bei Hitze sehr reaktiv ist und sich schnell verflüchtigt, ist der Tank innerhalb von 3 Minuten leer.

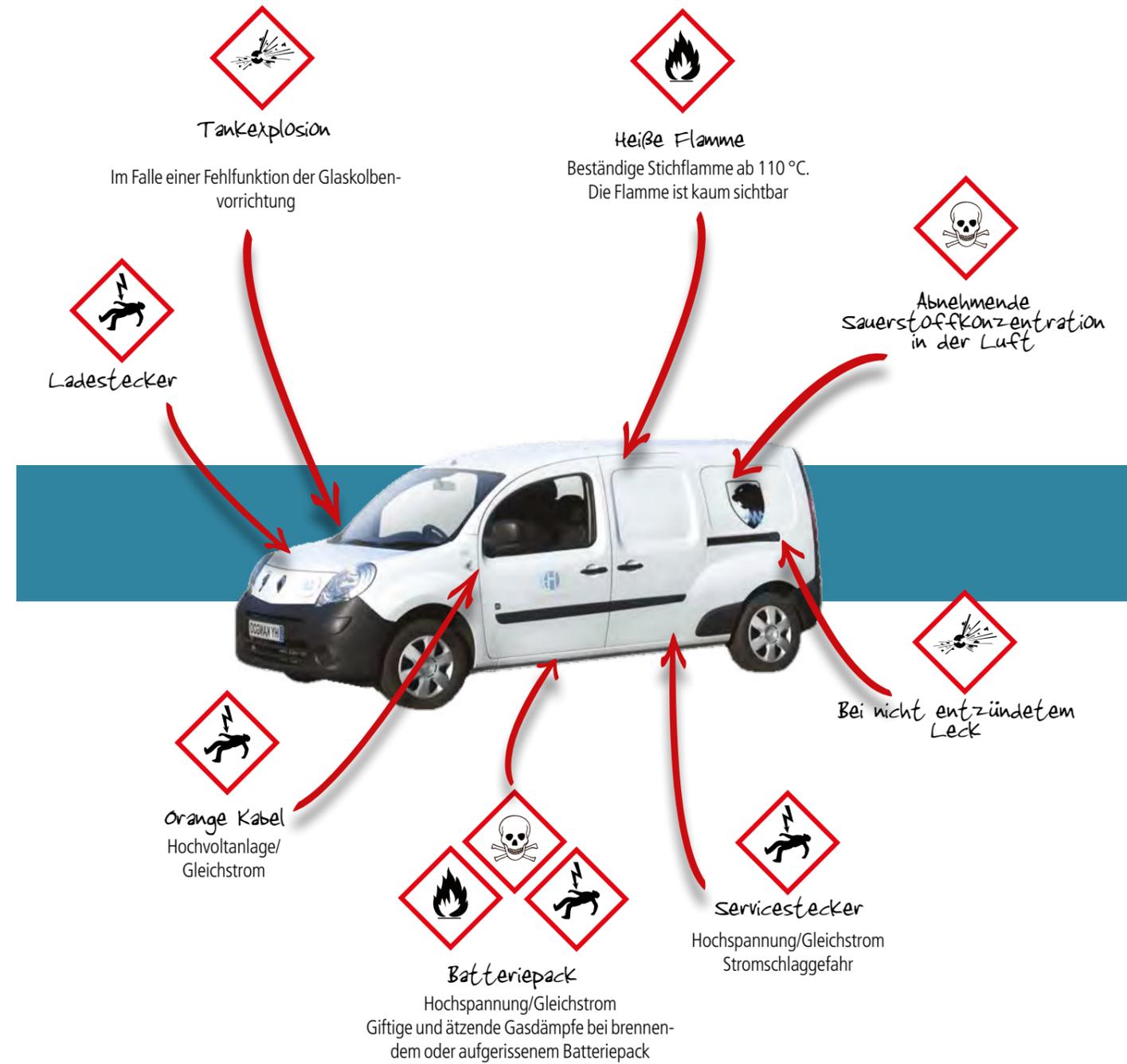
Wasserstoff ist ein geruchs- und farbloses Gas. Es ist leichter als Luft. **Zündbereich** liegt zwischen von 4% und 74% Wasserstoffanteil in der Luft.



<http://youtu.be/ow47SePNz-s>

Zusätzliche Risiken bei Brennstoffzellenfahrzeugen

Toxisch	Hitze	Explosion	STROM





7. Teil:
Einsatzmaßnahmen bei Fahrzeugunfällen

A/ GRUNDLAGEN

Um Löscharbeiten an Kraftfahrzeugen sicher ausführen zu können, muss die Einsatzleitung rasch folgendes sicherstellen:

Sicherheit der Feuerwehreinsatzkräfte

- Offensive Brandbekämpfung mit 2 Trupps
- 3/4 Konzentration auf Fahrzeugvorderseite
- Atemschutz verwenden
- 50 m Sicherheitsradius

Kühlung der Energiequelle (Gruppe 1)

- Bei LPG- / CNG- /Wasserstoff-Antrieb:**
- Druckaufbau im Tank vermeiden / Überdruckventil-Effekt
- Bei Elektro- und Hybridfahrzeugen:**
- Thermisches Durchgehen (Thermal Runaway) und Entzündung der Batterie vermeiden
 - Falls die Batterie in Flammen aufgeht: Batterie löschen

Brandbekämpfung (Gruppe 2)

- Hitzefluss zu anderen Energiequellen im Fahrzeug durch Löschen vermeiden (Gruppe 2).



Eine **defensive Haltung** (nicht löschen, Sicherheitsabstand, Umgebungsschutz) kann eingenommen werden, wenn kein offensiver Angriff notwendig ist (z.B: einzelnes brennendes Fahrzeug ohne weitere Gefährdung in der Umgebung).

Die **offensive Brandbekämpfung erfolgt massiv, gezielt und gleichzeitig.**

Höchstmögliche Lösch- und Kühlungseffizienz muss durch die Öffnung der Strahlrohre im Vollstrahl aus der Entfernung angestrebt werden.

Wenn die Einsatzleitung sicher ist, dass das brennende Fahrzeug **NICHT gasbetrieben ist (CNG, LPG, H2)**, kann die **Löschung mit einer Löschleitung nach dem untenstehenden, sicheren Löschschem** erfolgen.

B/ NOTRUFANNAHME

Notrufabwicklung bei brennenden Fahrzeugen

Das Vorgehen der Einsatzkräfte erfolgt auf Basis einer zielgerichteten und genauen Befragung des/der Anrufenden. Diese Befragung ermöglicht eine Abschätzung des qualitativen und quantitativen Ausmaßes des Unglücks. Zwei Aspekte sind grundlegend: Informationen bzgl. des Feuers und seiner Ausbreitung und Informationen bzgl. der äußeren Umstände, des Risikos und der Umgebung.

Die Notrufzentrale muss vor allem ermitteln:

- Wie viele potentielle Opfer vor Ort sind
- Welche und wieviele Fahrzeuge mit welchem Antrieb involviert sind.
- Welche und wie viel Ladung transportiert wird (LKW, Kleintransporter)
- Umweltfaktoren, die den Einsatz beeinflussen (Ausbreitung des Feuers, Auswirkungen auf direkte Umgebung)



Die komplette Persönliche Schutzausrüstung ist während der Brandbekämpfung zu tragen, auch während der Aufräumphase.

D/ BRANDBEKÄMPFUNG

Ähnlich wie bei der Bekämpfung von Gebäudebränden gilt für Fahrzeugbrände:



E/ ERKUNDUNGSPHASE

Wie bei einem herkömmlichen Brandeinsatz, sind in der ersten Phase eines Fahrzeugbrandeinsatzes mögliche Einflussfaktoren auf die Einsatzstrategie zu berücksichtigen (Personengefährdung, Gegenstandsgefährdung, Gebäude, Wetterbedingungen, etc.) Den Fahrzeugantrieb zu kennen ist essentiell für die Einsatztaktik. Zusätzlich zur Befragung der Fahrzeugbesitzer, kann die Antriebsart an der Flammenentwicklung „abgelesen“ werden.

Anzeichen Hybrid- oder Elektrofahrzeugbrand

Lithium-Ionen-Batterien



Die Überhitzung der Batterie setzt brennbares Gas frei. Die Flammen eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugbrandes ähneln daher Gasflammen.



<https://youtu.be/aOj-0-1DdF4>

Lithium-Metal-Polymer, LMP Batterien



Das thermische Durchgehen (thermal runaway) einer LMP-Batterie äußert sich in sehr dichten Flammen mit beträchtlicher Rauchentwicklung und dem Wegspritzen fusionierter Metallpartikel.



<https://youtu.be/uXEviXSaxIM>

Anzeichen Brand eines Fahrzeuges mit Flüssigerdgasantrieb (LNG)

Aus dem Sicherheitsventil austretender gasförmiger Treibstoff produziert eine periodisch auftretende, fast unsichtbare Flamme.



<https://youtu.be/aXCrRU1Rilc>

Anzeichen Brand eines Fahrzeuges mit Flüssiggasantrieb (LPG)



Wenn aus dem Fahrzeug im stehenden Zustand Treibstoff in gasförmiger Phase über das Sicherheitsventil austritt, führt das zu einer periodisch auftretenden Stichflamme. Wenn das Fahrzeug auf dem Dach liegend, Gas in flüssiger Phase über das Ventil austritt, führt das zu einer gleichmäßigen Stichflamme.



<http://youtu.be/fKm-ep3qPmw>

Anzeichen eines Brennstoffzellenfahrzeug-Brandes (H2)

Das Schmelzen der Thermosicherung führt zu einer gleichmäßigen Stichflamme, laut und fast unsichtbar.



http://youtu.be/9PRE7ThD_9g



<http://youtu.be/1Sd141ckjLQ>

Anzeichen Brand eines Fahrzeuges mit Erdgasantrieb (CNG)

Bei Schmelzen der Thermosicherung entsteht eine gleichmäßige Stichflamme aus der gasförmigen Phase.

Beispiel CNG-Bus



https://youtu.be/XT_r-D_LTgQ

Beispiel CNG-Müllfahrzeug



https://youtu.be/luPAh_UNxUU



Spezialfall Fahrzeug im Ladevorgang



Beim Brand eines alternativ angetriebenen Fahrzeuges während des Ladevorgangs bleibt der Einsatzvorgang gleich. Es ist allerdings ratsam, das Fahrzeug vom Netz zu trennen (Energiezufuhr unterbrechen: LPG, CNG, Wasserstoff, Strom).

Die Ladestation eines Elektro- oder Hybridfahrzeuges kann vom Netz getrennt werden:
 - durch einen Not-Aus-Schalter direkt an oder in der Nähe der Ladestation.
 - durch Abschaltung des Stromnetzes, mit dem die Station verbunden ist.



Bei Einsatz an einem Elektro- oder Hybrid-Fahrzeug im Ladevorgang, sollte vor der eindeutigen Stromunterbrechung nur die Umgebung geschützt werden.

Falls es eine Not-Aus-Einrichtung gibt: unbedingt verwenden!

Spezialfall Fahrzeug auf Gefälle

Auf einem Hang ist es ratsam, das Fahrzeug bestmöglich zu stabilisieren. (Nach Zerstörung der Bremskomponenten könnte sich das Fahrzeug in Bewegung setzen.)



<https://youtu.be/YX1zusRo6Ag>

Spezialfall Risiko durch Ladegut



Es ist notwendig, ständig auf potentielle Risiken durch die Ladung oder andere Gegenstände an Bord des Fahrzeuges zu achten (z.B.: Flüssiggasflasche,...)



<https://youtu.be/x3ARsbKtQdM>

F/ AUFSTELLUNG DER EINSATZFAHRZEUGE

Bei Eintreffen vor Ort sollten die Einsatzfahrzeuge das brennende Fahrzeug nicht passieren, um (Hitze-)Schäden zu vermeiden.



<https://youtu.be/9jz3vrqSqqg>

Beim Abstellen der Fahrzeuge muss die Einrichtung der Einsatzstellenabsicherung und Löschleitungslänge sowie die Position der Hydranten vorab bedacht werden.

Es ist sinnvoll, verfügbarer Strukturen zur Abschirmung der Einsatzgruppen zu nutzen (Mauern, Fahrzeuge, etc.).

G/ RETTUNG

Falls es Unfallopfer gibt, hat die Einsatzleitung alle notwendigen Vorkehrungen für deren sichere Befreiung zu treffen. Dies kann durch eine Crashrettung passieren.

H/ ANGRIFFSLEITUNG

Allgemeine Vorkehrungen

Mise en place du dispositif



Um die Einsatzkräfte vor einer Gasexplosion (BLEVE) zu schützen, sollte die Schlauchleitung so gelegt werden, dass verfügbare Strukturen als Schutzwall genützt werden können (Mauern, Fahrzeuge).

I/ LÖSCHANGRIFF

Gefahrenzone

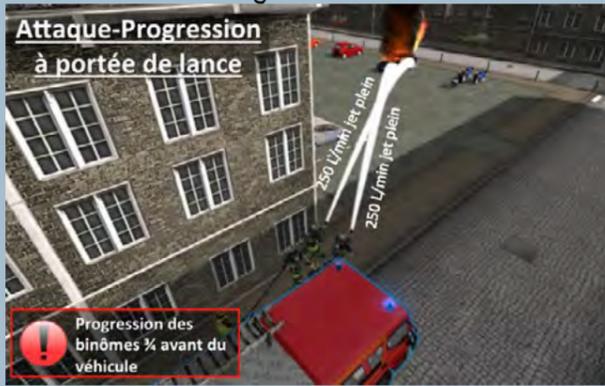


Das 3/4-Frontangriffsprinzip

Wenn möglich sollten die Gruppen sich zu 3/4 auf die Frontseite des Fahrzeuges konzentrieren, um sich vor einer BLEVE zu schützen. Etwaige bereits vorhandene Strukturen sollten zur Abschirmung genutzt werden (Mauern, Fahrzeuge).

Standardtechnik bei Fahrzeugen (PKW)

Konzentration zu 3/4 auf die Vorderseite des Fahrzeuges mittels Vollstrahl



Konzentration zu 3/4 auf die Vorderseite des Fahrzeuges mittels Sprühstrahl



Positionierung von 2 Angriffstrupps um das Fahrzeug



Unterschiede in der Angriffstaktik bei Bus/LKW

Busse und LKW können über mehrere Tanks (LPG, Erdgas, H2) oder Batterien an verschiedenen Positionen verfügen. Die Einsatztaktik muss daran angepasst werden. Sowohl bei Bussen als auch bei LKW ist die Kühlung des Energiespeichers zunächst wichtiger als die Löschung des Fahrzeuges selbst.

Je nach Anzahl und Lage der Energiespeicher (Batterie, Hochdrucktank) und dem daraus resultierenden Effekt (thermisches Durchgehen, Stichflamme) kann die Einsatzleitung den Löschmitteleinsatz erhöhen.



<https://youtu.be/7jnmC0vLcNt>



<https://youtu.be/2dwyHjz0960>

Vor allem bei Gasbussen muss die Löschmittelzufuhr bei offensivem Angriff in jedem Fall so geregelt werden, dass alle Energiequellen gleichzeitig gekühlt werden können, um eine BLEVE zu vermeiden.

Die Gas-Stichflamme richtet sich bei Bussen allgemein aufwärts, manche Modelle setzen das Gas jedoch in verschiedene Richtungen frei.



Angriffstaktik bei geringen Einsatzressourcen

Wenn keine 2 simultanen Löschleitungen eingerichtet werden können oder keine PSA verfügbar ist, bleiben die Einsatzgruppen eine Wurfweite entfernt in einem sicheren Winkel zurück - wenn möglich hinter einem Schutzwall. Mittels Vollstrahl wird somit eine erste Kühlwirkung im Fahrzeuginneren erzeugt.

Diese Taktik kann während der Wartezeit auf Verstärkung eingesetzt werden (zur Abschwächung des Brandes oder um Zeit zu gewinnen).

Angriffstaktik in geschlossenen Räumen

Die räumlichen Einschränkungen verstärken die Eigenschaften des Fahrzeugbrandes.

Daraus ergeben sich zwei Hauptgebote:

Rasches Vorgehen

- den zu erwartenden Gefahren zu begegnen (Druckanstieg im Tank, thermisches Durchgehen der Hochvoltbatterie)
- Ausbreitung des Feuers und Schäden an der Infrastruktur vermeiden



Sicherheit der Einsatzkräfte

- Nur unbedingt notwendige Einsatzkräfte am Einsatzort, die den Brand so schnell und massiv wie möglich bekämpfen können



<https://youtu.be/ZTfQoRm6y60>



Je nachdem, wie das Fahrzeug abgestellt ist (schräge oder gerade Parkweise, Zugänglich von Rück- oder Vorderseite), muss der Angriff rasch und mit maximaler Durchflussmenge (500 l/min) erfolgen und möglichst schnell durch eine zweite Löschleitung unterstützt werden.

Der Angriff auf die Hitzestrahlung, welche Temperatur und Druck in Tank und Batterie in die Höhe treibt, erfolgt zunächst aus sicherer Entfernung. Sobald der Brand unter Kontrolle ist, können sich die Einsatzkräfte dem Fahrzeug nähern, möglichst ohne die Gefahrenzonen zu betreten.

Der Angriff sollte möglichst geschützt durch andere Fahrzeuge, Strukturelemente oder Luftschleusen erfolgen.



<https://youtu.be/Xdw6t1VWsb8>

Wenn es die Umstände erlauben, muss dieser Taktik für Fahrzeugbrände Folge geleistet werden.

Wenn Aufbau und Zugangsbedingungen zu den Fahrzeuginnenräumen nicht vorab bekannt sind, erfolgt der Einsatz der notwendigen und verfügbaren Hilfsmittel nach Ermessen der Einsatzleitung. Dazu zählt der Einsatz von mobiler Brandbekämpfungsausrüstung, Wärmebildkameras, betrieblichen Lüftungsanlagen und, wenn vorhanden, betrieblichen Brandschutzvorkehrungen (Rauchabsaugung, Sprinkler).

Je nach erkennbarem oder vorhersehbarem Risiko darf die Einsatzleitung nicht zögern, die Taktik anzupassen oder den Einsatzort zu evakuieren, sollte sich die Situation unvorteilhaft entwickeln.

Anpassung der Angriffstaktik je nach Hochvolt-Batterietyp

- Ohne Thermal Runaway bleibt die Angriffstaktik, unabhängig vom Batterietyp, die gleiche (Fahrzeugbrandbekämpfung und Batteriekühlung).
- Bei Überhitzung der Batterie (Thermal Runaway):

Batterietyp	Angriffstaktik
Unzugängliche Lithium-Ionen-Batterie	Kühlen / unter Wasser setzen (Das Löschen wird erschwert durch Risse, die durch die Verformung der Batterie entstehen).
Zugängliche Lithium-Ionen-Batterie („Fireman Access“)	Die Batterie unter Wasser setzen (einfaches Löschen)   https://youtu.be/Hwz9_TMd04s
Lithium-Metall-Polymer	Die Batterie verbrennt innerhalb von ca. 15 Minuten ohne Eingreifen. Es ist besser, keine Löschversuche zu unternehmen. Diese könnten die Verbrennungszeit verlängern sowie zu mehr Rauch- und Gasentwicklung oder zum Wegspritzen von fusionierten Metallteilchen führen. Es wird reiner Umgebungsschutz empfohlen (Löschen nicht möglich).



- Bei Lithium-Ionen-Batterien ohne Fireman Access wird eine große Menge an Wasser benötigt.

Je besser die Batterie mechanisch geschützt (im Batteriepaket verpackt) ist, desto schwerer kommt es zum thermischen Durchgehen, aber desto schwerer ist die Batterie auch zu löschen.

Wenn eine Lithium-Ionen-Batterie überhitzt: „Wo die Flamme rauskommt, soll das Wasser rein“. Die Flamme kommt entweder aus einem Druckausgleichsventil oder aus verformten Bereichen der Batterie



<https://youtu.be/LIV-krRGnYQ>



Einsatz von Wasser bei Hochvolt-Batterien

Bei Brand eines Elektro- oder Hybridfahrzeuges kann ein Vollstrahl angewendet werden, um die Batterie zu kühlen oder zu löschen. Wenn ein Fireman Access vorhanden ist, wäre ein Vollstrahl zu bevorzugen. Von Mikro-Lichtbögen ausgelöstes Knistern am Ende des Wasserstrahles kann wahrgenommen werden. Dadurch entsteht aber keine Stromschlaggefahr für die Person, die den Schlauch hält.

<https://youtu.be/Jw6n2z14z8k>



Deutung einer heftigen Reaktion beim Einsatz von Wasser

Eine heftige Reaktion während der Brandbekämpfung mit Wasser (Knallgasreaktion) könnte durch Leichtmetalle (Aluminium, Magnesium,...) ausgelöst werden. Eine entsprechende Schutzbekleidung wie bei Innenbrandbekämpfung ist notwendig.



Erdgas- und Wasserstoff-Fahrzeuge in geschlossenen Räumen

Bei (flüssig- oder) Erdgasfahrzeugen sollte die Gasflamme in geschlossenen Räumen nicht gelöscht werden, wenn eine Thermosicherung vorhanden ist. Wichtiger ist der Schutz der direkten Umgebung.

Wasserstoffflamme: Es ist nicht möglich, eine Wasserstoffflamme zu löschen.

Einsatz von Wasser auf Gastanks

Ein Sprühstrahl oder Vollstrahl mit einem Volumenstrom von 250 l/min beeinträchtigt die Stabilität der Tankhülle nicht.

Spezialfall Flüssiggasfahrzeug (LNG)

Während des Kühlens ist direktes Zielen auf das Überdruckventil zu vermeiden (Risiko einer Verstopfung durch Eisbildung).

Spezialfall kombinierte Energiequellen

Die Kühlung des Hochdrucktanks oder der Hochvolt-Batterie ist vorrangig zu behandeln. Bei Brennstoffzellenfahrzeugen hat die Kühlung des Wasserstofftanks Vorrang vor der Kühlung der Hochvoltbatterie.

Durch Schutzabdeckungen verdeckte Tanks oder Batterien bei LKW

Manche LKWs sind mit Schutzabdeckungen über Gastanks oder Batterien ausgestattet. Diese bieten den Vorteil, dass sie eine Hitzebarriere bilden und somit den Druck- und Temperaturanstieg in Tanks oder Batterien verlangsamen. Sie haben allerdings auch den Nachteil, dass sie die Kühlung der Komponenten erschweren.

Die Einsatztrupps müssen die Strahlrichtung genau anpassen, um für effiziente Kühlung zu sorgen.



Explosion eines konventionellen Tanks

Beim Brand eines LKW mit konventionellem oder gemischtem Kraftstoff (z.B. Erdgas und Diesel) sollte die Möglichkeit einer Explosion des (Diesel-)Tanks während des Angriffs berücksichtigt werden.



<https://youtu.be/HfMLMTEzi3Q>

J/ ATEMGIFTE

Toxikologische Aspekte

Neuere Fahrzeuggenerationen produzieren bei einem Brand hohe Mengen toxischer Stoffe, da sie aus verschiedenen synthetischen Materialien bestehen. Fahrzeuge mit alternativen Antrieben können noch mehr toxische Nebenprodukte verursachen. Es ist in jedem Fall **wichtig, auf die Rauchentwicklung zu achten**. Die wichtigsten Verbrennungsprodukte sind Blausäure (HCN), Chlorwasserstoff (HCl), Fluorwasserstoff (HF), **Eine Vielzahl an Tests zum thermischen Durchgehen (Thermal Runaway) bei Batteriebränden sowie auch der Einsatzleitfaden für Hybrid- und Elektro-Fahrzeuge weisen auf die systematische Produktion von Fluorwasserstoff (HF) unter diesen Bedingungen hin.**

Daher sollte bei jedem Brand einer Lithium-Ionen-Batterie das Risiko einer Fluorwasserstoff-Bildung berücksichtigt werden, auch wenn diese nicht messbar ist.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass Fluorwasserstoff hochwasserlöslich ist und sich Flusssäure bilden kann.

Er kann sich auch in Kleidung ablagern, was besonders durch das Einsatzpersonal zu beachten ist (Desorption).



Risiko eines wiederholten Thermal Runway / Lithium-Ionen-Batterien in Wasser tauchen

Ein Effekt des thermischen Durchgehens von Lithium-Ionen-Batterien ist die Möglichkeit, dass sich das betroffene Batteriepack lange Zeit später erneut entzündet.

Es ist daher notwendig, technische Lösungen zu finden, um dieses Phänomen zu begrenzen oder zu verhindern. Selbst wenn die Elemente isoliert werden können (kein Ausbreitungsrisiko eines Feuers), kann es notwendig sein, die Lithium-Ionen-Batterien unter Wasser zu setzen.



<https://youtu.be/30V0WUpMbcY>

M/ HINWEISE UND SPUREN SICHERN

Die polizeilichen Untersuchung von Fahrzeugbränden sollten so gut wie möglich unterstützt werden, etwa durch die Ermittlung des Brandherdes und die Untersuchung der Ausbreitung des Brandes.

N/ DEKONTAMINATION DER EINSATZKRÄFTE UND AUSRÜSTUNG

Angesichts des hohen toxikologischen Potentials der Abgase bei Bränden von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb, vor allem in geschlossenen Räumen, ist es wichtig, die Ausrüstung zu dekontaminieren und wenn nötig zu reparieren.



K/ AUFRÄUMARBEITEN

Entfernung der Trümmer eines Elektrofahrzeuges

Auch nach vollständigem Löschen, dürfen Hochvolt-Komponenten nicht berührt werden (Batterie, Kabel, ...).

L/ ÜBERWACHUNG

Der Nutzen von Wärmebildkameras bei Elektrofahrzeugbränden

Vor dem Thermal Runaway



Mit der Kamera kann der Temperaturanstieg überwacht und somit ein thermisches Durchgehen verhindert werden.

Abhängig von verschiedenen Batterietechnologien, ist es der Temperaturanstieg, der das Risiko eines Thermal Runaway birgt (nicht die Temperatur an sich).

Die Temperaturgrenzen zweier Batteriemodelle zur Erklärung:

Lithium-Ionen-Batterie (Typ Renault)	Feststoffbatterie (Typ Bolloré)
<ul style="list-style-type: none"> • Normale Betriebstemperatur 30 °C • Thermisches Durchgehen ab 130 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Normale Betriebstemperatur 80 °C • Thermisches Durchgehen ab 180 °C

Explosimeter-Messungen bei Gasfahrzeugen

Bevor der Einsatzort verlassen oder das Fahrzeug an den Abschleppdienst oder die Polizei übergeben wird, sollte mit einem Explosimeter ein Gasleck am Tank ausgeschlossen werden.



• Anmerkung: Diese Unterlage ist eine Übersetzung aus dem Französischen. Taktische Ansätze und dergleichen können daher von österreichischen Gegebenheiten abweichen.



<http://youtu.be/FK1n-L74d4g>



<http://youtu.be/w7pPUKXtrrg>

Erkundung	<ul style="list-style-type: none"> Risiken bewerten: personelles Risiko, materielles Risiko, fremde Gebäude, Wetterbedingungen, ... Antriebsart ermitteln durch Befragung oder anhand des Brandes Fahrzeug gegen Wegrollen sichern Kein Angriff an Front- oder Rückseite des Fahrzeuges Wenn möglich: Ventile bei CNG-/LNG-Fahrzeugen manuell bedienen Falls sich das Fahrzeug im Ladevorgang befindet: Energiezufuhr unterbrechen
Aufstellen am Einsatzort	<ul style="list-style-type: none"> Bei Aufstellung des Einsatzfahrzeuges muss das sichere Schlauchmanagement berücksichtigt werden. Die Nutzung zur Verfügung stehender Schutzschilde/Barrieren wird empfohlen.
Rettung	<ul style="list-style-type: none"> Sofortige Erste-Hilfe-Leistung und Notfall-Evakuierung bei einem Brand
SCHLAUCHLEITUNG	<ul style="list-style-type: none"> 50 m vom Fahrzeug entfernt 2 Leitungen/wenn möglich an der Vorderachse des Fahrzeuges So einrichten, dass das Vorgehen erleichtert wird Bei Annäherung von der Rückseite, Einsatzfahrzeug nicht hinter dem brennenden Fahrzeug abstellen Schlauchanschluss außerhalb des Geländes/beim Einsatzfahrzeug: 70/2x40 Schlauchlänge: 60m, Durchmesser: 45mm, 250l/min bei Nenndruck
Angriff	<p>Phase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3/4 des Angriffs richten sich auf die Frontseite (Indikator: Achse). Gleichzeitiges Vorgehen auf der selben Seite des Fahrzeuges Vollstrahl auf den ersten 40 m, Sprühstrahl auf den letzten 10 m Sobald der Angriff Erfolg zeigt, Strahlstärke reduzieren <p>Phase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gruppe 1: Tank kühlen Den Gastank kühlen / Hitzestrahlung aus dem Fahrgastraum unterbrechen Der Angriff endet nach vollständiger Kühlung (Verdunstung, Wärmebildkamera) Die Unterseite des Tanks ist schwer zu erreichen Achtung: Gasstichflamme nicht löschen (Erdgas- und Brennstoffzellenfahrzeuge). Gruppe 2: Löschen des Fahrgastraums Vorgangsweise von hinten nach vorne / Rücksicht auf Gruppe 1 nehmen
Schutz / Luftzirkulation	<ul style="list-style-type: none"> Umgebung beachten Erste Sicherheitsbegrenzung: 50m Falls notwendig: Ventilation sicherstellen Vorsicht beim Sicherheitsventil auf Grund der heftigen Gasflamme
Trümmer/Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> Wenige Trümmer Die der Stichflamme ausgesetzte Umgebung untersuchen Explosimeter- und Wärmeentwicklungsmessungen / Wasserdurchfluss kontrollieren
Hinweise und Spuren sichern	<ul style="list-style-type: none"> Unterstützung der technischen Polizeiarbeit durch bestmögliche Erhaltung der Struktur des Einsatzortes.
Rückholung/Instandsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Die Toxizität des Rauchs berücksichtigen und die PSA nach dem Einsatz dekontaminieren.



Erkundung	<ul style="list-style-type: none"> Risiken bewerten: personelles Risiko, materielles Risiko, fremde Gebäude, Wetterbedingungen, ... Antriebsart ermitteln durch Befragung oder anhand des Brandes Bei Hangneigung Fahrzeug möglichst stabilisieren Kein Angriff an Front- oder Rückseite des Fahrzeuges Falls sich das Fahrzeug im Ladevorgang befindet: Energiezufuhr unterbrechen
Aufstellen am Einsatzort	<ul style="list-style-type: none"> Bei Aufstellung des Einsatzfahrzeuges muss die sichere Schlauchleitungslegung berücksichtigt werden. Die Nutzung zur Verfügung stehender Schutzschilde/Barrieren wird empfohlen.
Rettung	<ul style="list-style-type: none"> Sofortige Erste-Hilfe-Leistung und Notfall-Evakuierung bei einem Brand
SCHLAUCHLEITUNG	<ul style="list-style-type: none"> 50 m vom Fahrzeug entfernt 2 Leitungen/wenn möglich an der Vorderachse des Fahrzeuges So einrichten, dass das Vorgehen erleichtert wird Bei Annäherung von der Rückseite, Einsatzfahrzeug nicht hinter dem brennenden Fahrzeug abstellen Schlauchanschluss außerhalb des Geländes/beim Einsatzfahrzeug: 70/2x40 Schlauchlänge: 60m, Durchmesser: 45mm, 250l/min bei Nenndruck
Angriff	<p>Phase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3/4 des Angriffs richten sich auf die Frontseite (Indikator: Achse). Gleichzeitiges Vorgehen auf der selben Seite des Fahrzeuges Vollstrahl auf den ersten 40 m, Sprühstrahl auf den letzten 10 m Sobald der Angriff Erfolg zeigt, Strahlstärke reduzieren <p>Phase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gruppe 1: Batterie kühlen Wenn Zugangsklappe (Fireman Access) vorhanden: Vollstrahl darauf richten Der Angriff endet nach vollständiger Kühlung (Verdunstung, Wärmebildkamera) Bei Thermal Runaway: erschwertes Löschen --> Auf Umgebungsschutz konzentrieren Bei Feststoffbatterien: nicht löschen - „mag kein Wasser!“ , Umgebungsschutz Gruppe 2: Löschen des Fahrgastraums Bei Treibstoffleck Wassermenge erhöhen / Löschvorgang von hinten nach vorne Rücksicht auf Gruppe 1 nehmen
Schutz / Luftzirkulation	<ul style="list-style-type: none"> Umgebung beachten Erste Sicherheitsbegrenzung: 50m Falls notwendig: Ventilation sicherstellen Falls notwendig: Gas und toxische Stoffe entfernen Um Elektrolyt-Lecks kümmern
Trümmer/Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> Wenige Trümmer / kein Abisolieren Kühlung der Batteriekomponenten (erneuten Thermal Runaway verhindern) Der Einsatz ist vorbei, wenn das Batteriepack gekühlt ist. / Kein technisches Eingreifen bei der Energiequelle. / Informationen zur Antriebsart weitergeben an Abschleppdienste oder Polizei.
Hinweise und Spuren sichern	<ul style="list-style-type: none"> Unterstützung der technischen Polizeiarbeit durch bestmögliche Erhaltung der Struktur des Einsatzortes.
Rückholung/Instandsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Die Toxizität des Rauchs berücksichtigen und die PSA nach dem Einsatz dekontaminieren.



A/ GRUNDLAGEN

Eine sichere und effiziente Unfallopferrettung sollte aus mehrere Phasen bestehen:

- **Den Unfallort sichern**, unter Berücksichtigung der Straßensituation, um weitere Unfälle zu vermeiden.
- **Die Sicherheit der Einsatzkräfte und Unfallopfer gewährleisten**, durch korrekten Umgang mit den jeweiligen Antriebsystemen und Stabilisierung des Fahrzeuges (erkennen, untersuchen, verhindern, stabilisieren, isolieren).
- **Rettung der Unfallopfer** Erste Hilfe, medizinische und psychologische Unterstützung sowie Schutz vor der Unfallumgebung.
- **Die Sicherheit der Einsatzkräfte und Unfallopfer im Inneren des Fahrzeuges gewährleisten:** Richtiger Umgang mit Innenausstattung bei der Bergung, wie Airbags, Verstärkungen, etc..
- **Befreiung der Unfallopfer** durch Setzen aller notwendigen Bergungsmaßnahmen.

Diese 5 Phasen (Französisch: 5S) bilden die Standardvorgangsweise bei einer Bergung:



Für diese Schritte ist keine zeitliche Reihenfolge vorgeschrieben. Einige können zeitgleich durchgeführt werden

Die Rettungsmaßnahmen erfordern eine ständige Zusammenarbeit zwischen Feuerwehr und Rettungsteam am Unfallort.

Ein eingeklemmtes Unfallopfer ist mehrfach traumatisiert. Die Einsatzkräfte müssen daher die Rettungs- und medizinischen Maßnahmen aufeinander abstimmen.

Nach dem Prinzip der „Golden Hour of Shock“, sollte das Opfer innerhalb einer Stunde nach dem Unfall ins Spital gebracht werden.



Einklemmungsgrad

Die Folgen eines Verkehrsunfalles für die Opfer hängen von mehreren Kriterien ab. Wie schwer das Unfallopfer eingeklemmt ist, ist wichtig für die Entscheidung der Vorgangsweise. Die Definition des Einklemmungsgrades muss für alle Beteiligten gleich und allen bekannt sein. Um die Notrufzentrale bestmöglich zu informieren, aber auch im Sinne einer einheitlichen Begriffsdefinition der Rettungskräfte, sollte die Situation des Opfers auf einheitliche Art beschrieben werden:

- 1. Grades: **Das Unfallopfer konnte sich selbst aus dem Fahrzeug befreien.**
- 2. Grades: **Das Unfallopfer ist verletzt, aber nicht eingeklemmt: Das Fahrzeug ist nicht stark deformiert.**
- 3. Grades: **Eingeschlossenes Unfallopfer: Das Opfer ist zu stark verletzt oder kann sich wegen der Deformation des Fahrzeuges nicht selbst befreien.**
- 4. Grades: **Eingeklemmtes Unfallopfer: Das Opfer ist direkt unter oder zwischen Trümmerteilen eingeklemmt.**
- 5. Grades: **Das Unfallopfer wurde aus dem Fahrzeug geschleudert.**

B/ NOTRUF BEI VERKEHRSunFÄLLEN

Notrufabwicklung bei Verkehrseinsätzen

Das Vorgehen der Einsatzkräfte erfolgt auf Basis einer zielgerichteten und genauen Befragung des/der Anrufenden. Diese Befragung ermöglicht eine Abschätzung des qualitativen und quantitativen Ausmaßes des Unglücks. Sie basiert auf zwei Aspekten: Erste Hilfe und Kontext-Bedingungen

Die wichtigsten Informationen aus einem Notruf für die Notrufzentrale sind:

- Wie viele Fahrzeuge welchen Typs und mit welchem Antrieb involviert sind
- Anzahl der Unfallopfer
- Lebenszeichen (Atmung, Kreislauf, Bewusstsein)
- Einklemmungsgrad
- Art des Aufpralls (frontal, seitlich, überschlagen, ...)
- Krafteinwirkung (ausgelöster Airbag, Verformung des Fahrgastraumes, ...)



Durch eCall übermittelte Informationen

Alle Fahrzeugmodelle ab 1. April 2018 müssen mit einem automatischen Alarmsystem verbunden mit GPS ausgestattet sein, dem sogenannten eCall.

Diese Notrufvorrichtung kann manuell oder automatisch aktiviert werden und gibt die folgenden 5 Informationen an die zuständige Notrufstelle weiter:

- Fahrzeugidentifikationsnummer
- Antriebsart
- Unfallzeitpunkt
- Unfallort
- Route



C/ PSA



Die Einsatzfahrzeuge, die als erste am Unfallort eintreffen und daher die **Fahrzeug- sicherung** durchführen, müssen insbesondere für Unfälle mit Hybrid- oder Elektrofahrzeugen **mit vollständiger Einsatzbekleidung** ausgerüstet sein.

Wichtig

Das Tragen einer FFP2-Maske wird während des Schneidens von Glas oder carbonverstärktem Kunststoff empfohlen.



D/ DEN UNFALLORT SICHERN

Weitere Unfälle vermeiden: Areal absperren

Die Abgrenzung sollte mit Entfernungs- und Positionsmarkierungen erfolgen. Die Markierungen hängen von der Beschaffenheit der Unfallstelle ab.

Die Sicherung des Unfallortes passiert auch durch Beleuchtung, Rundumkennleuchte und anderen Maßnahmen zur Unfallortabsicherung.



Folgende Sicherheitsvorkehrungen sind bei Verkehrsunfällen zu beachten:

- Warnkleidung ist **für alle** verpflichtend.
- Die Sichtbarkeit der Absicherungsmarkierungen hängt auch von der Beschaffenheit der Straße ab (Kurven, Erhebungen, ...) sowie von der allgemeinen Umgebung (Nebel, Nacht, ...).
- Wenn möglich, sollte das Einsatzfahrzeug auf der vom Verkehr abgewandten Seite abgestellt werden. Vor dem Aussteigen auf die Bedingungen am Einsatzort und den Verkehr achten!
- Auf der Straße jederzeit dem Verkehr zugewandt bleiben.
- ACHTUNG:** In der Pufferzone darf sich niemand aufhalten (Fahrzeuge, Fußgänger, etc.).



Sicherheitstipp:

Bei Abstellen des Einsatzfahrzeuges das Lenkrad so drehen, dass das Fahrzeug im Falle einer Krafteinwirkung auf seine Rückseite nicht in Richtung Unfallzone geschoben wird.



Schutz der Beteiligten

Es ist wichtig, zwei Sicherheitszonen einzurichten:

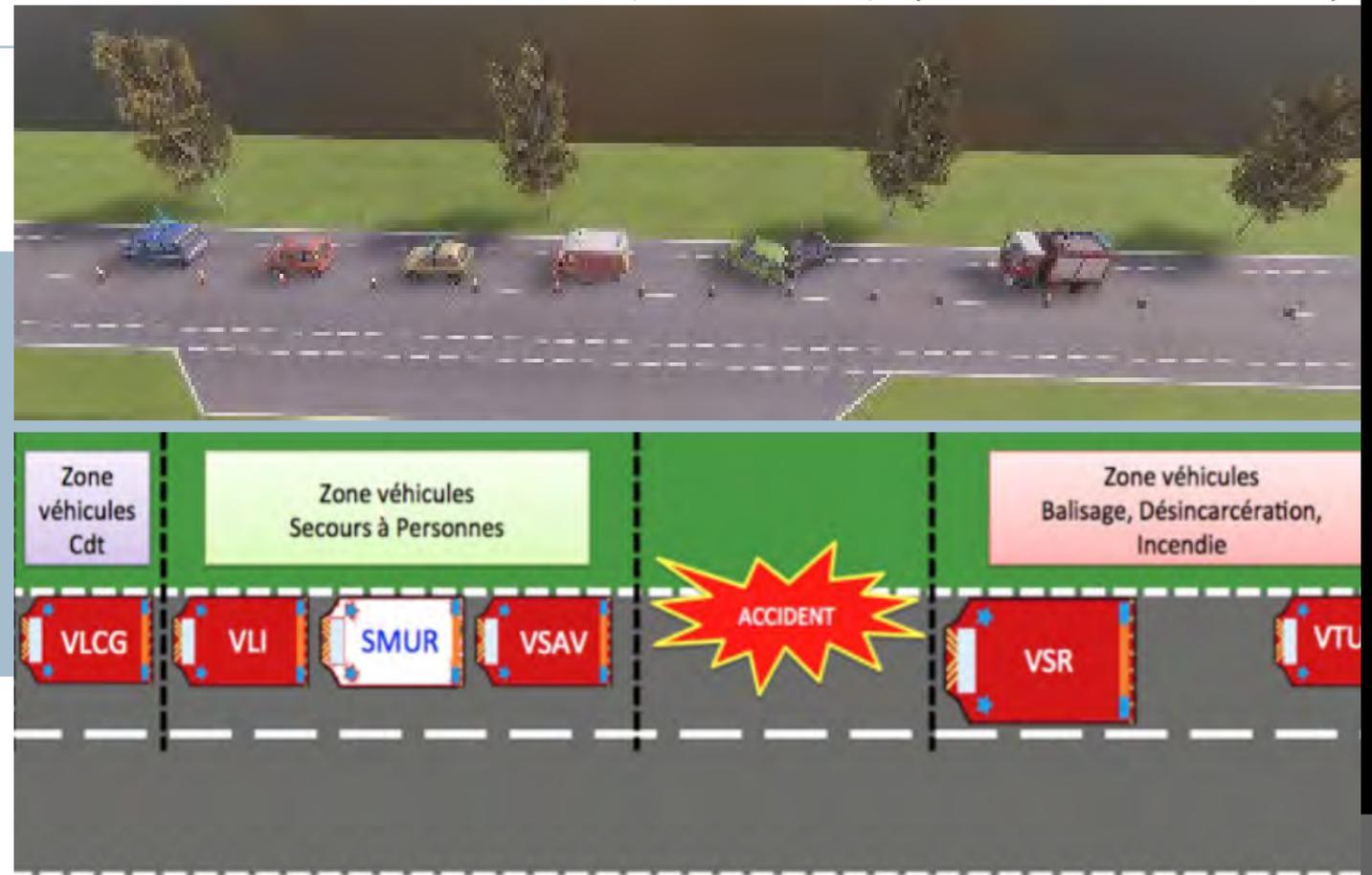
- eine technische Zone für die Einsatzfahrzeuge
- eine Personenschutzzone

Die Einteilung in Zonen sorgt für Sicherheit und Übersichtlichkeit am Einsatzort.

Parkzone

Arbeitszone

Pufferzone



Aus Gründen der Übersichtlichkeit und zu Schulungszwecken sind die obigen Pläne nicht maßstabsgetreu.



Brandschutz



Der Brandschutz ist vor allem bei Ausbruch eines Feuers an Fahrzeugen mit alternativen Antriebssystemen wichtig (Elektro, Hybrid, LPG, CNG, LNG, Wasserstoff).

Bei Hybrid- oder Elektrofahrzeugen muss bei den ersten Anzeichen eines Thermal Runaway (Temperaturanstieg, Knistern, Rauch) eine **Sofortrettung** (Crashrettung) vorgenommen werden. Es kann zu einer sehr schnellen Überhitzung kommen.



<https://youtu.be/vHS10G0sJcw>

Schutz vor Explosionen und chemischen Stoffen

Vgl. Teil 7.3 „Austreten von Treibstoff“

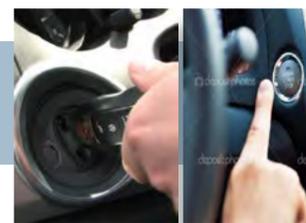
E/ DAS FAHRZEUG SICHERN

Dieser Teil des Bergungsvorgangs basiert auf der IIVII-Regel (Identifizieren, Inspizieren, Vermeiden, Immobilisieren, Isolieren).

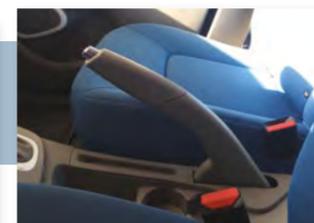
IIVII Regel

- i** **Identifizieren**
 - **Identifizieren:** Das Fahrzeug und sein Antriebssystem (Gas, Elektro, ...) müssen identifiziert werden. Dies passiert anhand der Befragung der Insassen, Symbole auf dem Fahrzeug, Fahrzeugpapiere, speziellen Ausstattung (orange Kabel, Tank, Batterie, ...).
- i** **INSPIZIEREN**
 - **Eine Inspektion** des Fahrzeuges zeigt Probleme auf, welche die Situation verkomplizieren (durchtrennte HV-Kabel, Flüssiggasleck, beschädigte HV-Batterie, ...)
- i** **VERMEIDEN**
 - **Es ist unbedingt zu vermeiden**, Antriebskomponenten (Tank, HV-Batterie) oder -leitungen (HV-Kabel, Gasleitungen) zu berühren, zu durchtrennen oder zu bewegen.
- i** **IMMOBILISIEREN**
 - **Immobilisieren / Stabilisieren:** Motor abstellen (Kontakt trennen, Handbremse ziehen, Schalthebel auf „P“) und Reifen blockieren
- i** **ISOLIEREN**
 - **Die Energiequelle isolieren**, um ein sicheres Umfeld zu gewährleisten.

Schwerpunkt auf Absichern:



Zündung



Handbremse



Schalthebel auf P



Stabilisieren

Verfügt das Fahrzeug über einen elektronischen Schlüssel (Smart Key), den Schlüssel entfernen (5m).



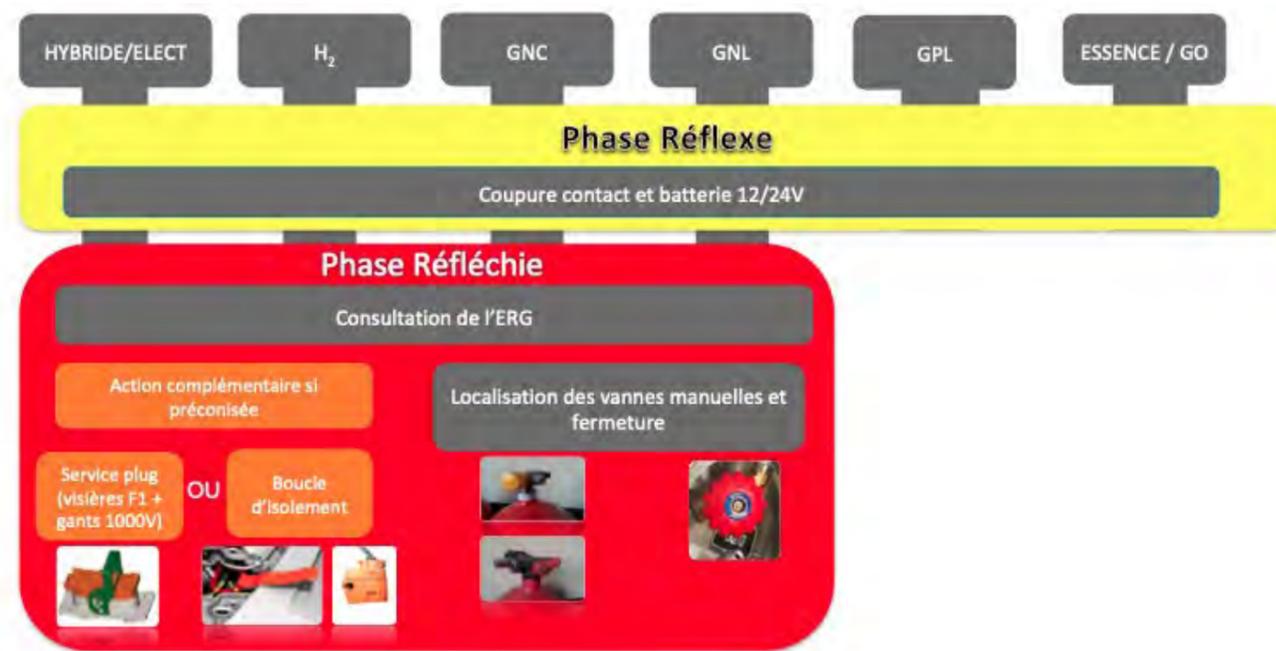
Schwerpunkt auf Isolieren:

Vonseiten der Hersteller gibt es verschiedene Sicherheitsvorschriften bei Hybrid-/Elektrofahrzeugen. Im Allgemeinen gibt es drei Arten:

Elektrische Sicherheitsvorschriften



In der Fahrzeugsicherungsphase während der Rettung muss auf die verschiedenen Vorschriften der Hersteller Rücksicht genommen werden.

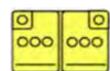


<http://youtu.be/ElyDbmMDyD0>

Reaktionsphase: Energiezufuhr der 12/24-V-Batterie abschneiden. Erste grundlegende Sicherheitsmaßnahmen: Bei E- und Hybrid-Fahrzeugen HV-Relay deaktivieren; Bei Gasfahrzeugen Magnetventil verschließen.

Achtung: Die 12-V-Batterie befindet sich nicht immer unter der Motorhaube oder im Kofferraum.

Beispiel Renault Master ZE
(unter dem Fahrersitz)



Beispiel Smart Fortwo
(unter den Füßen des Beifahrers)

Achtung: Bei manchen Modellen ist der Zugang zur 12-V-Batterie nicht möglich. Die Herstellerfirmen empfehlen, die Batterie im Notfall durch Nutzung einer vorgesehenen Trennstelle abzuklemmen.

Beispiel Hyundai Ioniq Hybrid
(in der C-Säule)



Reflexionsphase: Bei alternativen Antrieben werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen (Servicestecker / Trennrelais für E- und Hybridfahrzeuge und Sicherheitsventile bei Gasfahrzeugen).

Ein Servicestecker ist intuitiv und einfach anzuwenden.

Diese Phase ist bei direkter Gefahr für die Einsatzkräfte oder Unfallopfer (durchtrennte oder abisolierte HV-Kabel, beschädigte Batterie, ...) zu berücksichtigen.

Wenn diesbezüglich die Sicherheitsvorschriften eines Fahrzeuges nicht bekannt sind: **Servicestecker nicht betätigen!** („Kenne ich nicht. - Mache ich nicht!“)

Der Einsatz des Servicesteckers ist nur mit isolierenden Handschuhen (1.000 V) durchzuführen. Bei Trennen der Batterie: Schutzvisier senken und Blick abwenden.
Achtung: Das Abtrennen der Batterie führt nicht zur ihrer Entladung.

Falls eine Pilotlinie vorhanden ist, ist das Tragen von PSA nicht notwendig.

Ist das Fahrzeug an eine Ladestation angeschlossen, muss die Not-Aus-Funktion an der Ladestation aktiviert oder die Energiezufuhr unterbrochen werden.

Nicht jedes Flüssiggas-Fahrzeug verfügt über ein automatisches Ventil. Zuerst das manuelle Ventil schließen.

Umgang mit 12 V und 24 V Batterien

Vor der Trennung der Batterie (12 V) sollte bedacht werden, ob diese für bestimmte Funktionen notwendig ist (Kofferraum öffnen, Sitze bewegen, ...). Die Batterie sollte dabei nicht zerstört werden, um später noch auf diese Funktionen zurückgreifen zu können.



Bei E- und Hybridfahrzeugen gelten diese Maßnahmen nicht. Hier hat die elektrische Sicherheit des Fahrzeuges Priorität (abisolierte HV-Kabel, beschädigte HV-Batterie, ...).

F/ PERSONENRETTUNG

Grundprinzipien

Die Betreuung der Unfallopfer umfasst 3 Ebenen:

Opferbetreuung

- ➔ Rettung oder Befreiung
- ➔ Medizinisch
- ➔ Psychologisch

Folgende Einschränkungen müssen bei der Rettung berücksichtigt werden:

- Rettungszugang
- Idealer und alternativer Zugangswinkel (Plan A und B)
- Zeitdruck
- Schutz des Opfers vor Umwelteinflüssen
- Rettungstechniken
- Mehrere Verletzte
- Fahrzeugposition

Erstöffnung

Ziel: Zustand des Opfers feststellen um notfalls eine Sofortrettung veranlassen (Herzinfarkt, Kreislaufzusammenbruch, Blutungen, etc.)

Folgendes ist bei der Erstöffnung wichtig:



- Augenkontakt halten und durchgehend mit dem Opfer sprechen.
- Dem Opfer mündliche Anweisungen geben, den Kopf nicht zu bewegen.
- Informationen über strukturelle Verformungen und Anzahl der Insassen einholen.
- Auf Symptome neurologischer Verletzungen achten (Bewusstseinsverlust, Orientierung, Zeit- und Raumgefühl, ...)
- Hauptverletzungen feststellen
- Nach Zustimmung der Einsatzleitung, Zugangspunkte suchen (Türen, Scheiben)

Je nach Zugangsmöglichkeit zum Opfer (inner- oder außerhalb des Fahrzeuges) müssen folgende zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden:



- Sicherheitsgurt entfernen oder durchtrennen
- Prüfen, ob die Beine eingeklemmt sind
- Wenn möglich, Sitz verschieben
- Kopf/Nacken des Opfers stabilisieren
- Prüfen, ob Blutungen oder Atembeschwerden vorhanden sind
- Prüfen, ob weitere Maßnahmen notwendig sind

Die Annäherung von außen ist einem Eindringen in das Fahrzeug vorzuziehen. Es kann jedoch notwendig sein, ein Mitglied der Gruppe im Fahrzeuginneren zu positionieren, um den Kontakt mit dem Opfer zu ermöglichen.



Innerer Retter

Die Rettungskraft, die dem Opfer am nächsten ist, wird auch innerer Retter genannt und gibt alle Informationen zwischen Opfer und Rettungskräften weiter.

Wenn keine unmittelbaren elektrischen Risiken für die Einsatzkräfte bestehen (beschädigte orange Kabel, ...), dringt die Person in der Funktion des inneren Retters zum Opfer vor, sobald die Fahrzeugsicherung (Trennung der 12-V-Batterie) abgeschlossen ist.

Bevor zum Opfer vorgedrungen werden kann, ist **eine Erststabilisierung** notwendig (Einklemmungsgefahr).

Die Stabilisierungsmaßnahmen dürfen die Erstöffnung nicht verzögern!

Bei Lebensgefahr kann ein Gruppenmitglied schon vorher in das Fahrzeug vordringen (Sicherung des Fahrzeuges durch die Gruppe während des Einsteigens).

Das taktische Vorgehen

Es sollte ein Dialog zwischen den Rettungskräften und der Einsatzleitung der Feuerwehr ermöglicht werden, um:

- die medizinische Versorgung zu gewährleisten
- das Wohl des Opfers voranzustellen
- die ideale Befreiungsrichtung zu bestimmen
- die richtige Rettungstechnik zu wählen

Schutz der Unfallopfer

Um den Gesundheitszustand des Opfers nicht zu gefährden, sollte es geschützt werden vor:

- Auslösen des Airbags (Airbag-Schutz anbringen)
- Aktivierung des Gurtstraffers (Gurt durchtrennen)
- Glaspartikel beim Zerschneiden der Fensterscheiben (FFP-Maske)
- umherfliegendem Material während der Rettung (Decken)
- gegebenenfalls Lärm (Ohrstöpsel)



Umgang mit einem Kind im Kindersitz

Im Fall eines schweren Traumas und/oder Verdacht auf eine Wirbelsäulenverletzung des Kindes im Sitz, sollte folgender Ablauf eingehalten werden:

- Wenn möglich, Kind im Kindersitz lassen (Schale) und sicherstellen, dass dieser nicht verformt ist.
- Kopf und Körper des Kindes innerhalb des Sitzes mithilfe von Polsterungen besser stabilisieren.

G/ SICHERE RETTUNGSTECHNIKEN

Stabilisierung

Die Stabilisierung erfolgt in einem ersten Schritt durch die Sicherung des Fahrzeuges zum Erreichen des Unfallopfers und in einem zweiten Schritt durch die Stabilisierung mithilfe zusätzlicher Werkzeuge, um eine sichere Rettung zu gewährleisten.

Beim Unterbauen zur Stabilisierung muss die Position der HV-Batterie berücksichtigt werden.

Entfernung der Innenabdeckung

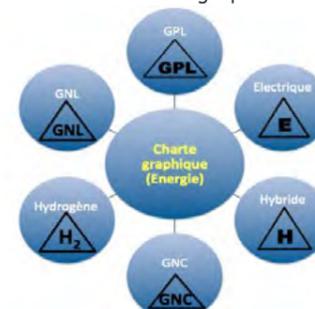
Die Entfernung der Innenabdeckung erfolgt manuell, mit oder ohne Werkzeug. Dadurch wird ersichtlich, wo ein Einschnitt ohne zusätzliche Risiken (durch Hochvoltkomponenten, Airbag, ...) am einfachsten möglich wäre.



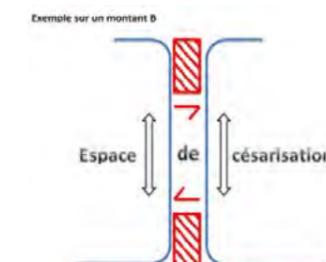
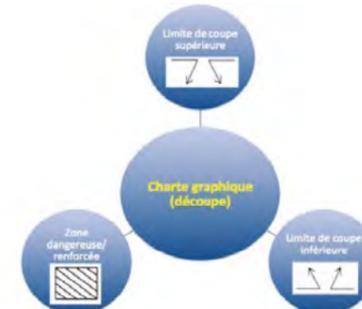
http://youtu.be/k_okE07CsZc

Markierungen

Markierungen dienen dazu, die Position von Antriebsteilen und anderen Komponenten während der Entfernung der Innenabdeckung für alle sichtbar zu machen. Sie markieren auch die Schnittlinien, die von der Einsatzleitung zur Rettung festgelegt werden. Markiert wird also die Energiequelle ...



... und die Schnittlinien.



Dieser Schritt bestimmt die weitere Vorgehensweise bei der Bergung.



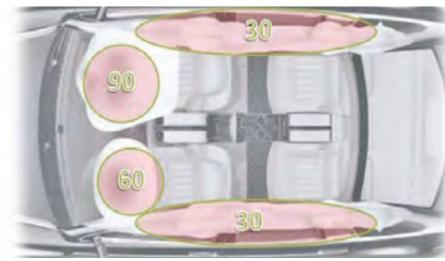
<http://youtu.be/Ar8GzfasV8s>



Abstand

Nach Möglichkeit sollte Abstand zum Auslösbereich der Airbags gehalten werden:

- min. 30 cm zu seitlichen Airbags
- min. 60 cm auf der Fahrerseite
- min. 90 cm auf der Beifahrerseite



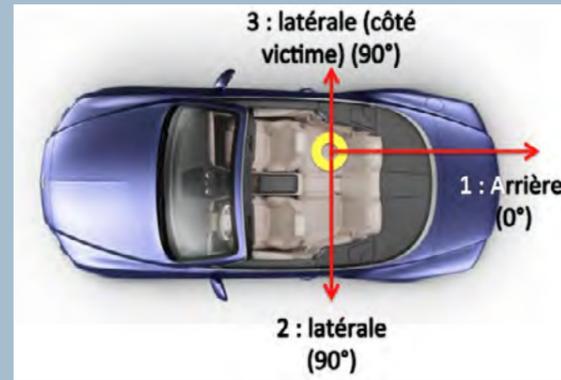
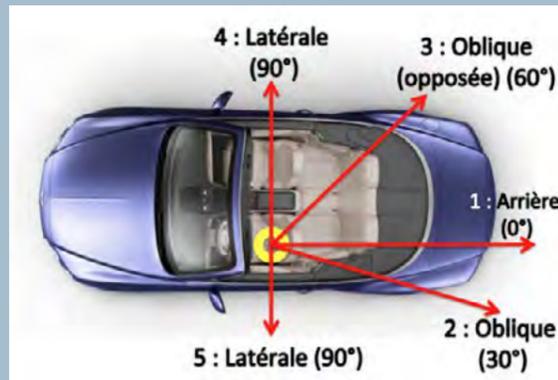
Aufhalten im Auslösbereich vermeiden
 30-60-90-Regel anwenden

H/ DAS UNFALLOPFER RETTEN

Grundprinzipien der Rettung oder Befreiung

Wenn der Zustand des Opfers keine Sofortrettung erfordert, ist vor allem auf die Stabilisierung der Achse „Kopf - Hals - Rumpf“ zu achten. Die Grafiken unten bilden (von 1 bis 5) die bevorzugten Befreiungs-Richtungen ab. Bei einer seitlichen Bergung (90 °) kann die Achse Kopf - Hals - Rumpf nur mit Zervikalstütze oder Halskrause geschützt werden.

Falls der Zustand der/des Verletzten eine Sofortrettung erfordert, kann diese Regel je nach Dauer der Bergungstechnik und der Notwendigkeit einer schnellen Rettung angepasst werden.



Alle Rettungstechniken sind in den Datenblättern im Anhang ersichtlich.

Auswahlkriterien für Rettungsstechniken:

Die Wahl der Rettungstechnik ist abhängig von:

- Einklemmungsgrad
- Position des Unfallopfers
- Eigenschaften des Fahrzeuges
- Verfügbare Zeit
- Verfügbare Ausrüstung

Verfügbare Zeit

Um den Zeitaufwand des Befreiungsvorganges abzuschätzen, müssen die Einsatzkräfte die ersten 3 Phasen der Rettung heranziehen. Falls notwendig muss die Einsatzleitung die Befreiungsstrategie für jede einzelnen Phase anpassen. Es gibt 3 Arten der Rettung von Unfallopfern:

- Sofortrettung:** im Falle einer unmittelbaren, lebensbedrohlichen und unkontrollierbaren Gefahr für das Unfallopfer oder um notwendige, lebensrettende medizinische Maßnahmen setzen zu können.
- Schnelle Rettung:** zielt darauf ab, das Opfer so schnell wie möglich zu befreien. Falls notwendig, kann die Stabilisierung der Wirbelsäule zugunsten der schnellen Befreiung vernachlässigt werden. Wurde eine schonende Rettung entschieden, sollte dennoch ein schnelle Rettungszugang eingerichtet werden, um unter anderem den Zugang zum Opfer für Erste Hilfe sowie eine schnelle Rettung im Falle einer plötzlichen Verschlechterung seines Gesundheitszustandes zu ermöglichen.
- Schonende Rettung:** ermöglicht die Befreiung des eingeklemmten Opfers unter den bestmöglichen Bedingungen.

Den Unfallort sichern

- Unmittelbare Gefahr für Unfallopfer und Einsatzkräfte, Unfallort ist nicht absicherbar: Gasleck, Ausstoß giftiger Substanzen oder Gase aus HV-Batterien. **Oder**
- Sicherung des Unfallortes ohne Risiken für die Einsatzkräfte möglich



Das Fahrzeug sichern

- Stabilisierung des Fahrzeuges unmöglich oder personengefährdende Position des Fahrzeuges: Absturz, ... **Oder**
- Sicherung des Fahrzeuges ohne Risiken möglich



Personenrettung

- Unfallopfer mit Kreislaufstillstand **Oder**
- Unfallopfer ist bewusstlos oder blutet stark **Oder**
- Eingeklemmtes Unfallopfer ist nicht in Lebensgefahr



Bestimmung der verfügbaren Zeit (Beispiele)

(1)	(2)	(3)	Zeit für Opferbergung
■	■	■	■
■	■	■	■

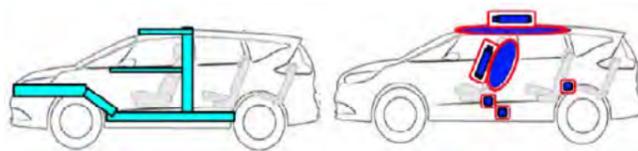
Position des Unfallopfers im Fahrzeug

Die Position des Opfers beeinflusst die Wahl der Rettungstechnik (Opfer auf seinem Sitz, am Boden, herausgeschleudert, eingeklemmt, ...)

Eigenschaften des Fahrzeuges

Aufbau

Die Einsatzleitung muss die Karosserie, strukturelle Verstärkungen, die Fahrzeugstruktur und den Aufbau der Fahrgastzelle berücksichtigen.



Zustand des Fahrzeuges nach dem Unfall

Es müssen die verwendeten Materialien (Elastizitätsgrenze, Kohlefaser, ...) und die Art der strukturellen Verformung berücksichtigt werden:

- unter Spannung
- verdreht
- verbogen
- eingedrückt



Fahrzeugposition

Fahrzeugumgebung (zwischen LKW, in Fassade, ...)



Verfügbare Ausrüstung

Die Wahl der Rettungstechnik hängt auch vom verfügbaren Einsatzmaterial ab. Die Werkzeugauswahl für das Einsatzfahrzeug erfolgt nach 3 Kriterien:

Leistungskriterien

Qualität
Menge

Kapazität

Schere, Spreizer, Wagenheber, Stützen, Träger, ...

der Hydraulikwerkzeuge, Widerstandsfähigkeit, Spreizkapazität, ...



Die Wahl des Rettungswerkzeuges sollte immer einen Ersatz (Plan B) berücksichtigen, um eine Verschlechterung der Bedingungen zu berücksichtigen (Zustand des Opfers, Sicherheit des Unfallortes und Fahrzeuges).



Der Zustand des Opfers (und dessen Entwicklung) sind das Hauptkriterium bei der Wahl der Rettungstechnik. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Feuerwehr und Rettungsteam ist lebensnotwendig.

I/ RETTUNGSTECHNIKEN IM DETAIL

Sichern des Unfallortes

- S** Schutz vor weiteren Unfällen: Markierungen, Beleuchtung, ...
- S** Schutz vor Explosionen / Brand / Ausstoß von Giftstoffen: Vermeiden, Schutz
- S** Schutz der Beteiligten: Sicherheitszonen

Rettung



Feuerwehr



Fahrzeugaabsicherung

- I** Identifizieren: Beobachten - Fragen stellen - Antrieb identifizieren
- I** Inspizieren: Integrität der Antriebskomponenten und Energiequelle überprüfen
- V** Vermeiden: Von der Strom-/Treibstoffquelle fernhalten
- I** Immobilisieren: Motor abstellen - Fahrzeug stabilisieren
- I** Isolieren: der Antriebskomponenten (Reaktions- und Reflexionsphase)

Rettung



Feuerwehr



Rettung

- V** Versorgung der Unfallopfer: Ansprechen, Erste Hilfe und medizinische Maßnahmen, psychologische Hilfe
- S** Schutz der Unfallopfer: vor Schnittverletzungen, Airbagauslösung, Gurtstraffer, ...

Rettung



Sichere Rettungstechniken

- S** Stabilisieren: des Fahrzeuges vor Anwendung der Rettungstechniken.
- I** Entfernung der Innenabdeckung: Einflüsselemente und verschiedene Arten von Strukturen und Materialien erkennen: Datenblatt beachten
- M** Markierungen: Markierungen für Schnittlinien einzeichnen
- A** Abstand: An die 30-60-90-Regel halten (Entfaltungsbereich des Airbags)

Feuerwehr



Befreiung des Unfallopfers

- A** Arbeitsöffnung: Rettungstechniken im Anhang beachten
- R** Rettungsöffnung: Rettungstechniken anwenden und Bergungsteam konsultieren

Rettung



Feuerwehr



Lecks in Treibstofftanks/Energiequellen

Je nach Antriebsart des Fahrzeuges, können die Einsatzkräfte mit Gaslecks (aus Tank oder Leitungen) oder Elektrolyt-Lecks aus der HV-Batterie konfrontiert sein.

Situationen dieser Art sind von einem Thermal Runaway der Batterie zu unterscheiden, welcher im Falle eines Verkehrsunfalles eine Sofortrettung der Fahrgäste erfordern würde.

Mehrere (re-)aktive Maßnahmen können ergriffen werden, um möglichst sichere und passende Rettungstechniken einsetzen zu können.



Gastanks, brennbare Gaslecks

Reflexionsphase		Reaktionsphase	
Ziele	Vorgehensweise	Ziele	Vorgehensweise
<ul style="list-style-type: none"> - Remove energy source - Avoid all ignition sources - Protect the people 	<ul style="list-style-type: none"> - Close manual valves (GNC-GNL) - Perimeter / minimum of firefighters - Safety measures / Evacuation 	<ul style="list-style-type: none"> - Avoid gas accumulation - Canalize / Dilute the flammable gas cloud 	<ul style="list-style-type: none"> - Detection / Ice plug (PPE) / compress pipe -> If evacuation impossible: ventilate -> Water screen if necessary (avoid contact with water if LNG: RPT)



Der Temperaturunterschied zwischen Flüssigerdgas (-160 °C) und Löschwasser kann zu einer fast sofortigen LNG-Verdampfung führen. Dies zieht eine 600-fache Volumenausdehnung nach sich, also eine „kalte Explosion“ (Überdruck ohne Entzünden).



<https://youtu.be/nTMdoBtNXyA>



Reflexionsphase

Reaktionsphase



HV-Batterie Treibstoffleck

Reflexionsphase		Reaktionsphase	
Ziele	Vorgehensweise	Ziele	Vorgehensweise
<ul style="list-style-type: none"> - Avoid electrolyte contact - Avoid firefighters and victims in electrolyte gas cloud 	<ul style="list-style-type: none"> -> Minimum of firefighters -> Perimeter -> Safety measures -> Evacuate victims if symptoms occur -> Dilution/Moving spill -> PPE 	<ul style="list-style-type: none"> - Avoid firefighters intoxication - Avoid ground pollution 	<ul style="list-style-type: none"> -> Détection : HF, HCl -> PPE -> Containment, specific neutralizer -> If evacuation impossible: ventilate



Der Einsatz eines Lüfters in der Nähe des Fahrzeuges ermöglicht eine Zerstreung giftiger oder explosiver Gase.



Vorgehen bei versunkenen Fahrzeugen



In diesem Fall ist die Antriebsart des Fahrzeuges keine Hauptpriorität für die Einsatzkräfte. Ist das Fahrzeug in oder unter Wasser, stellt eine Hochvoltbatterie oder ein Flüssiggastank keine Gefahr dar.

Der Kontakt mit Wasser löst innerhalb des Batteriepacks einen Kurzschluss ohne Stromschlagrisiko aus. Eine interne Reaktion kann zur Freisetzung von Wasserstoffblasen führen (ein Gas, das in geschlossenen Räumen explosiv ist).

Einige Hersteller empfehlen allerdings spezielle Verfahren. Daher sollte vor der Bergung des Fahrzeuges der ERG (Einsatzleitfaden) konsultiert werden. Sobald das Fahrzeug aus dem Wasser geborgen wurde, muss die Energiequelle gesichert werden (II/II-Regel).

i. / Fahrzeugesicherung	IDENTIFIZIEREN	Beobachten, Fragen stellen, Antriebsart feststellen (Logo, Eigentümer, ...)
	INSPIZIEREN	Integrität der Antriebskomponenten überprüfen, ohne diese zu berühren (HV-Kabel, Sichtprüfung, ...)
	VERMEIDEN	Von Antriebskomponenten fernhalten (HV-Kabel nur mit isolierenden Handschuhen berühren).
	IMMOBILISIEREN	Motor abstellen und Fahrzeug fixieren
	ISOLIEREN	Energiequelle neutralisieren (Batteriepack trennen, CNG-Ventil schließen, ...)
	z. / Fahrzeug beobachten	ÜBERWACHEN

(Französische)
Abkürzungen

ABS	Antiblockiersystem
ARI	Atemschutzgerät („Appareil Respiratoire Isolant“)
BAT	Einsatzgruppe („Binôme d'Attaque“)
BLEVE	Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)
BT / LV	Niederspannung („Basse Tension“ / „Low Voltage“)
COS	Einsatzleitung („Commandant des Opérations de Secours“)
DGSCGC	Generaldirektion für Zivilschutz und Krisenbewältigung in Frankreich
ECU	Electronic Control Unit
EPI (=PSA)	Persönliche Schutzausrüstung („Equipement de Protection Individuelle“)
ERG	Einsatzleitfaden (Emergency Response Guide)
ES	Benzin („Essence“)
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
FAD	Datenblatt zur Unfallbergung (Fiche d'Aide à la Désincarcération)
GNL / LNG	Flüssigerdgas („Liquified Natural Gas“)
GNC / CNG	Erdgas („Compressed Natural Gas“)
GO	Diesel („Gazole“)
GPL / LPG	Flüssiggas („Liquified Petroleum Gas“)
GPLc	Flüssiggas /Autogas („Gaz de Pétrole Liquéfié de Carburant“)
H₂	Molekularer Wasserstoff
HCl	Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure)
HCN	Blausäure (Cyanwasserstoff)
HF	Flusssäure (Fluorwasserstoff)
HT / HV	Hochspannung („Haute Tension“ / „High Voltage“)
ISO	International Standard Organization
LDT	Rundstrahlrohr („Lance du Dévidoir Tournant“)
LDV	Mehrzweckstrahlrohr („Lance à Débit Variable“)
Li-Ion	Lithium-Ionen
LMP	Lithium-Metall-Polymer (bei Feststoffbatterien)
MAM	Motor abstellen („Mise à l'Arrêt Moteur“)
MGO	Einsatzleitfaden („Marche Générale des Opérations“)
NiMH	Nickel-Metallhydrid
O₂	Molekularer Sauerstoff
PAC	Brennstoffzelle („Pile A Combustible“)
PL	Schwere Kraftfahrzeuge / LKW („Poids Lourd“)
ROPS	Überrollschutz („Roll Over Protection System“)
SAMU	Medizinischer Notfallhilfsdienst / Rettung („Service d'Aide Médicale Urgente“)
SAP	Personenrettung („Secours à Personnes“)
Servitude	Energiequelle/Batterie für sekundäre elektrische Funktionen im Fahrzeug (Fenster, Sitze, ...)
SP	Feuerwehrmann („Sapeur-Pompier“)
SR	Pannenhilfe („Secours Routier“)
THLE / VHEL	Sehr hohe Elastizitätsgrenze (Très Haute Limite Elastique / Very High Elastic Limit)
TPRD	Überdruckvorrichtung („Thermally-activated Pressure Relief Device“)
UCAP	Hohe Kapazität („Ultra Capacité“)
UHLE / EHEL	Ultra-hohe Elastizitätsgrenze (Ultra Haute Limite Elastique / Extra High Elastic Limit)
VE / BEV	Elektrofahrzeug („Véhicule Electrique“ / „Battery Electric Vehicle“)
VEA	Fahrzeug mit alternativem Antrieb („Véhicule Energie Alternative“)
VeH	Hybridfahrzeug („Véhicule Hybride“)
VPP / CPAP	CPAP-Beatmung („Ventilation à Pression Positive“ / „Continuous Positive Airway Pressure“)



Anhang
Rettung Datenblätter

Auf jedem Datenblatt sind die notwendigen technischen Kriterien und Kapazitäten je nach Fahrzeug vermerkt.

Die technischen Kriterien sind von „grundlegend“ bis „spezifisch“ mit je mit 1 bis 3 Sternen bewertet.

Die Kapazität der (Bergungs-)Einsatzfahrzeuge (CCR, FPT/L/SR, VSR) hängt von der Ausrüstung der jeweiligen Feuerwehr ab.

Absperren

- 1.1 - Absperren einer zweispurigen Straße
- 1.2 - Absperren einer Autobahn
- 1.3 - Absperren einer Kurve

Stabilisieren

- 2.1 - Stabilisieren eines stehenden Fahrzeuges
- 2.2 - Stabilisieren eines seitlich liegenden Fahrzeuges
- 2.3 - Stabilisieren eines am Dach liegenden Fahrzeuges

Windschutzscheibe

- 3.1 - Verbundglas, versiegeltes Glas
- 3.2 - Hartglas, beschichtet, Polycarbonatglas

Türen aufbrechen

- 4.1 - Tür (klassische Methode)
- 4.2 - Tür (Glasrahmen)
- 4.3 - Schiebetür
- 4.4 - Motorhaube und Kofferraum

Seitenöffnung

- 5.1 - 5-Türer
- 5.2 - 3-Türer

Armaturenbrett

- 6.1 - Armaturenbrett anheben
- 6.2 - Armaturenbrett kippen

Fahrzeugdach

- 7.1 - Dach öffnen
- 7.2 - Halbe Dachöffnung
- 7.3 - Seitliche halbe Dachöffnung
- 7.4 - Umgekehrte halbe Dachöffnung

Ergänzende Maßnahmen

- 8.1 - Pedale
- 8.2 - Metallteile zerschneiden bei betrieblichen Fahrzeugen

Spezialtechniken

- 9.1 - Innenraum vergrößern
- 9.2 - Fahrzeug wieder auf die Reifen stellen
- 9.3 - Tunneln
- 9.4 - Fahrzeug von einem Hindernis entfernen

LKW-Techniken

- 10.1 - LKW stabilisieren
- 10.2 - Türen und Fenster öffnen
- 10.3 - Fahrerkabine öffnen

Anhang
Rettung Datenblätter

Bergen von Personen

- 1 - seitliche Bergung sitzend
- 2 - seitliche Bergung liegend
- 3 - schräge Bergung
- 4 - Bergung von hinten
- 5 - Bergung von oben (Nutzfahrzeug)
- 6 - Bergung aus seitlich liegendem Fahrzeug
- 7 - Bergung aus auf dem Dach liegendem Fahrzeug
- 8 - Bergung von vorne

Hydraulisches Einsatzmaterial

- 1.1 - Bordhydraulik
- 1.2 - Tragbare Hydraulikeinheit
- 1.3 - Manuelle Hydraulikeinheit
- 1.4 - Rettungsspreizer
- 1.5.1 - Rettungsschere mit gebogener Klinge
- 1.5.2 - Minischere
- 1.6 - Kombinationswerkzeug (Spreizer - Schere)
- 1.7 - Rettungszylinder
- 1.8 - Pedalschneider

Hebewerkzeug

- 2.1 - Hebekissen

Unterbausysteme

- 3.1 - Keile
- 3.2 - Windenkeile
- 3.3 - Streckleitern mit Spanngurten
- 3.4 - „Stab Pack“

Schutzmaterial

- 4.1 - Airbagschutz
- 4.2 - Schnittschutz

Tragbare elektrische Werkzeuge

- 5.1 - Säbelsäge

Diverses Einsatzmaterial

- 6.1 - Glassäge
- 6.2 - Packexe Smash Kit
- 6.3 - Seilratsche
- 6.4 - Schutzdecke
- 6.5 - Werkzeug-Sets

Mechanisches Werkzeug

- 7.1 - tirfor-Greifzug
- 7.2 - Seilwinden
- 7.3 - Halligan-Tool

FEUERWEHR-EINSATZHANDBUCH EINSÄTZE AN FAHRZEUGEN

Ausrücken zu Verkehrsunfällen, Ausrücken zu Fahrzeugbränden Solche Einsätze waren immer schon Teil unseres Dienstes. Die Entwicklung neuer Technologien und Materialien zur Verbesserung der Leistung und Sicherheit von Fahrzeugen bringt neue Risiken für die Feuerwehr mit sich.

Unsere Ausrüstung aufzustocken, unsere Einsatztechniken zu reformieren und unser Verhalten gegenüber diesen neuen Risiken anzupassen, sind mittlerweile wesentliche Faktoren für effiziente und sichere Einsätze mit Fahrzeugen.

Diese Unterlage ist eine ÜBERSETZUNG aus dem Französischen und stammt von der SDIS86.
Bildmaterial und taktische Ansätze dieser Unterlage können von österreichischen Gegebenheiten abweichen.

