

# Technische hulpverlening bij ongevallen met alternatief aangedreven voertuigen

## Cursusboek



## Inhoudsopgave

1. Voorwoord .....	3
2. Inleiding .....	4
2.1. Voertuigaandrijfsystemen .....	4
2.2. Veiligheid van aandrijfsystemen .....	5
3. Benzine- en Dieselaandrijving .....	6
4. Aardgas aandrijving .....	7
4.1. Werkingsprincipe .....	7
4.2. Veiligheidsvoorzieningen van de aardgasinstallatie .....	8
4.3. Fysische eigenschappen van aardgas .....	10
4.4. Aandachtspunten tijdens de inzet .....	10
5. Vloeibaar gas / autogas aandrijving .....	13
5.1. Werkingsprincipe .....	13
5.2. Veiligheidsvoorzieningen van de LPG installatie .....	14
5.3. Fysische eigenschappen van vloeibaar gas (LPG) .....	15
5.4. Aandachtspunten tijdens de inzet .....	16
6. Hybride- en elektrische aandrijving .....	17
6.1. Werkingsprincipe van hybride- en elektrische aandrijfsystemen .....	17
6.2. Gevaren van elektrische stroom .....	22
6.3. Veiligheid van het hoogspanningscircuit .....	22
6.4. Aandachtspunten tijdens de inzet .....	25
7. Waterstofaandrijving .....	28
7.1. Werkingsprincipe .....	28
7.2. Veiligheidsvoorzieningen van het waterstof- en hoogspanningssysteem .....	29
7.3. Fysische eigenschappen van waterstof .....	30
7.4. Aandachtspunten tijdens de inzet .....	30
8. Procedures tijdens de inzet .....	32
8.1. Inleiding .....	32
8.2. Voorzichtige benadering .....	33
8.3. Type aandrijving identificeren .....	34
8.4. Gaslekkage afsluiten/beperken .....	37
8.5. Voorkomen dat het voertuig wegrolt .....	39
8.6. Aandrijfsysteem deactiveren .....	39
8.7. Voorzichtig werken .....	43
8.8. Autobranden .....	44
8.9. Auto te water .....	45
9. Suggesties voor opleidingen .....	46
9.1. Airbagmarkeringen aanbrengen, airbags „inbouwen“ .....	46
9.2. Accu "inbouwen" .....	47
9.3. Alternatieve aandrijving "monteren" .....	47
9.4. Voertuigidentificatie mogelijk maken .....	48
Bijlage A: Symbolen in het Crash Recovery System .....	50
Bijlage B: Korte handleiding Crash Recovery System .....	54
Bijlage C: Inzetscenarios voor praktisch oefenen .....	56
Bijlage D: Show-and-tell checklist .....	57

### Copyright:

Moditech Rescue Solutions B.V.  
Koningspade 16-B  
1718 MN Hoogwoud

Contact:

[training@moditech.com](mailto:training@moditech.com)

# 1. Voorwoord

Het aandeel van voertuigen op de openbare weg welke zijn uitgerust met een alternatief aandrijfsysteem neemt langzaam maar zeker toe. Steeds meer autofabrikanten brengen nieuwe modellen, voorzien van een alternatieve aandrijving in serie op de markt en ook omgebouwde varianten zijn inmiddels verkrijgbaar. Meer dan 250.000 personenauto's in Nederland zijn inmiddels voorzien van alternatieve aandrijfsystemen en dit aandeel neemt steeds meer toe.

	Duitsland	Nederland
<b>Benzine</b>	30.487.578	6.177.413
<b>Diesel</b>	11.266.644	1.334.678
<b>Hybride-/Elektrisch</b>	39.563	39.962
<b>Aardgas (CNG)</b>	71.519	560
<b>LPG</b>	418.659	222.838

In deze steeds complexer wordende materie van moderne voertuigen moeten hulpverleners zich nu ook de bijzonderheden van alternatief aangedreven voertuigen eigen maken. Met de cursus "Technische hulpverlening bij ongevallen met alternatief aangedreven voertuigen" kunnen hulpverleners zich optimaal op verschillende scenario's voorbereiden, bijvoorbeeld op verkeersongevallen, autobranden en gaslucht in- of rond het voertuig. Deze cursus bevat naast omvangrijke technische informatie over de verschillende typen aandrijfsystemen die tegenwoordig voorkomen ook uitgebreide praktijkinformatie en suggesties voor realistische oefenprogramma's.

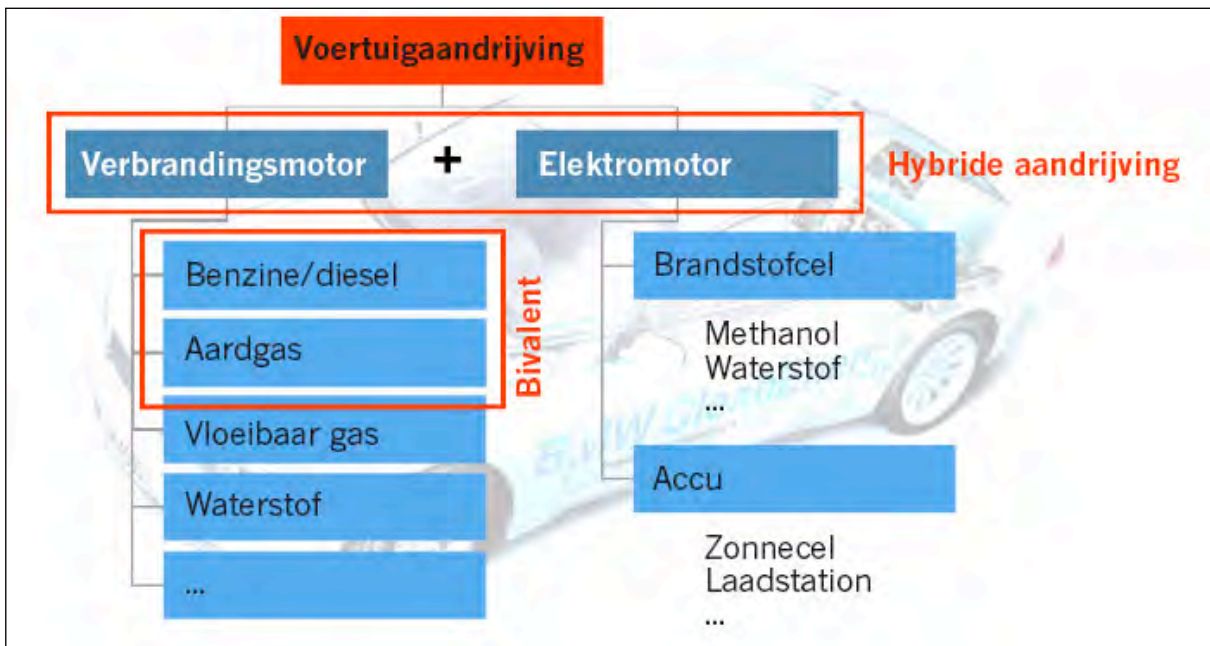
Doelstelling van deze cursus is, de cursist te voorzien van achtergrondkennis over de voertuigen. Daarbij ligt het zwaartepunt niet op de gedetailleerde beschrijving van de werkingsprincipes van het voertuig, maar op de aspecten die voor de hulpverlener van belang zijn. Dit geldt in het bijzonder voor de ingebouwde veiligheidssystemen van de aandrijfcomponenten. Wanneer de werking en beperking van deze veiligheidssystemen namelijk bekend zijn, dan kan de inzetstrategie overeenkomstig aangepast worden.

**De informatie in dit cursusboek is erop gericht alleen die informatie over te brengen, die voor hulpverleners relevant is!**

## 2. Inleiding

### 2.1. Voertuigaandrijfsystemen

- Voertuigen kunnen zowel door verbrandingsmotoren als elektromotoren worden aangedreven.
- In een **Verbrandingsmotor** kan gebruik gemaakt worden van diverse brandstofsoorten. Naast de klassieke benzine of diesel, komen inmiddels ook LPG, aardgas en waterstof regelmatig voor.
- **Elektromotoren** maken gebruik van elektrische stroom. Deze stroom kan geleverd worden door een batterij of geproduceerd worden door een ingebouwde brandstofcel.
- Een combinatie van twee verschillende motoren in een voertuig wordt als **Hybride aandrijving** aangemerkt. Dit aandrijfsysteem is erop gebaseerd de voordelen van beide motoren te combineren.
- Wanneer in een motor meerdere brandstoffen gebruikt kunnen worden, dan spreken we van een **bivalente aandrijving**. Aandrijfsystemen met slechts 1 brandstofsoort worden daarentegen als **monovalent** bestempeld. Hieronder vallen ook alle voertuigen die uitgerust zijn met een noodtank met een inhoud minder dan 15 liter.



Afbeelding 1: Terminologie en onderverdeling van de verschillende aandrijfsystemen.

## 2.2. Veiligheid van aandrijfsystemen

- De veiligheid van het voertuig voor de inzittenden en het aandrijfsysteem spelen voor de autofabrikant tijdens de ontwikkeling een doorslaggevende rol. Er is geen fabrikant ter wereld die het zich kan veroorloven, een potentieel onveilig voertuig op de markt te brengen.
- Tijdens de ontwikkeling van een nieuw model dienen de autofabrikanten zich te houden aan diverse **wettelijke voorschriften**, zoals bijvoorbeeld de richtlijn **ECE-R 100** voor elektrische auto's, de richtlijn **ECE-R 110** voor auto's op aardgas of de richtlijn **ECE-R 67** voor auto's voorzien van een LPG installatie.
- Deze wettelijke richtlijnen schrijven ook alle noodzakelijke voorzorgsmaatregelen en testmethoden voor de aandrijfcomponenten voor. Ook tijdens crashtests (bijvoorbeeld EuroNCAP), wordt de veiligheid van de auto uitvoerig getest.
- Ter vereenvoudiging kan van 3 verschillende grondprincipes gesproken worden die het gebruik van een voertuig met alternatieve aandrijving veilig maken:
  - **Beschermde inbouwlocatie**

Komponenten zoals bijvoorbeeld brandstoftanks, hoogspanningsbatterijen, brandstofcellen en gastanks worden door de fabrikant ingebouwd op plaatsen in het voertuig die op grond van de praktijkervaringen tijdens ongevallen niet of moeilijk beschadigd kunnen worden. Hieronder vallen het gedeelte boven of voor de achteras, onder de achterbank of aandrijftunnel en ter plaatse van het schutbord in de motorruimte.
  - **Automatisch uitschakelen bij optreden van een storing**

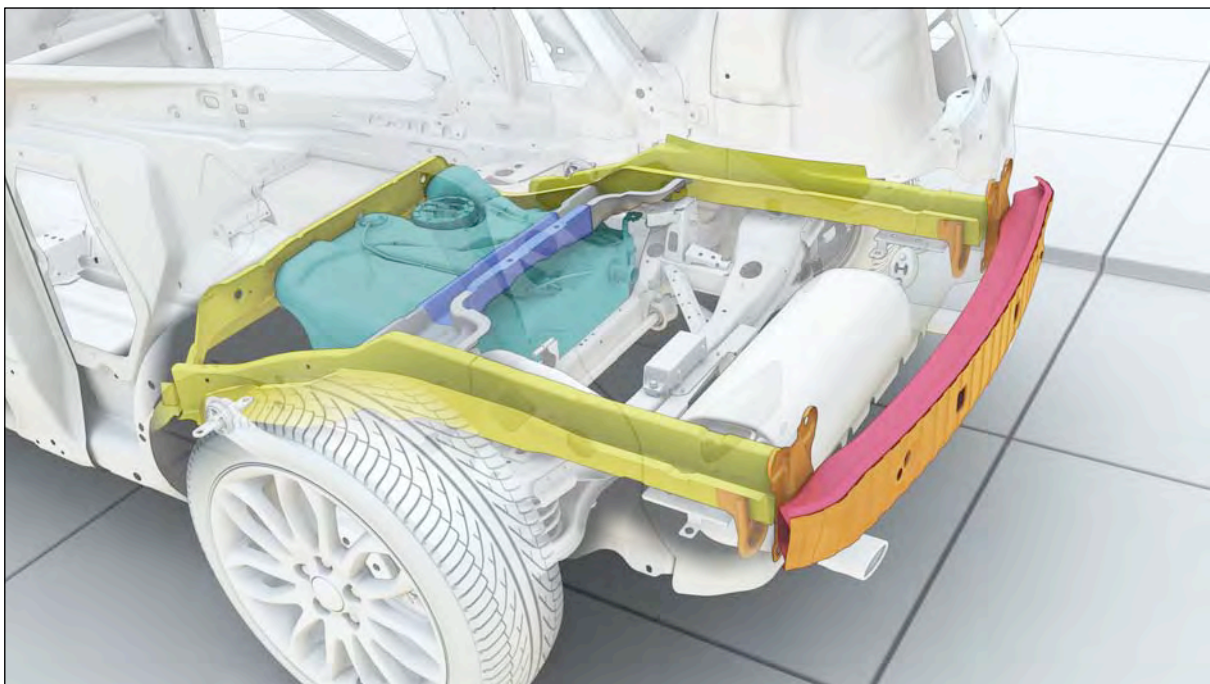
Moderne auto's beschikken in het algemeen over een geavanceerd veiligheidssysteem (SRS), bestaande uit veiligheidsgordels, gordelspanners, airbags en andere componenten om de inzittenden tijdens een ongeval te beschermen. Met behulp van een regeleenheid die deze systemen aanstuurt, wordt na herkennen van een ongeval bij veel auto's ook automatisch de aandrijving uitgeschakeld ter voorkoming van potentiële gevaren.

Met behulp van deze systemen is daardoor tevens mogelijk, de aandrijving bijvoorbeeld ook na herkenning van een lekkage (bij auto's met gas als brandstof) of na optreden van kortsluiting of lekstroom door beschadiging van de isolatie (elektrische auto's), uit te schakelen. Uiteraard is het in eerste instantie kunnen detecteren van deze mogelijke storingen een voorwaarde voor deze maatregelen.
  - **Voorkomen van explosies**

Door de veiligheidssystemen dient verhinderd te worden, dat de brandstoffen en de daarvoor benodigde opslag een gevaar opleveren. Dit betreft in het bijzonder de opslag van gasvormige brandstoffen, omdat de inwendige druk bij een (plotselinge) toename van de temperatuur, zoals tijdens een autobrand, toeneemt en het gevaar ontstaat dat de tank uit elkaar barst. Vanwege deze reden zijn de tanks met zogenaamde PRDs (Pressure Relief Devices) uitgerust, die bij een onacceptabel hoge druk of temperatuur het gas gecontroleerd afblazen. In het geval van een autobrand zal het gas na ontsnappen uit de tank ontbranden en affakkelen.

### 3. Benzine- en Dieselaandrijving

- De aandrijving met behulp van benzine- of dieselmotor komt het meest voor.
- Alle in paragraaf 2.2. genoemde grondprincipes gelden ook voor auto's met een benzine- of dieselmotor.
- Door de inbouw van de tank boven of voor de achteras wordt beschadiging van de tank tijdens een ongeval zoveel mogelijk vermeden. Het brandgevaar is minimaal zolang de brandstof niet uit de tank lekt.
- Teneinde verder lekken van brandstof te voorkomen, wordt na herkenning van een ongeval door de regeleenheid de **brandstofpomp uitgeschakeld**. Deze kan dan geen brandstof meer oppompen welke bijvoorbeeld in de motorruimte zou kunnen ontbranden. Een mogelijke andere maatregel is het uitschakelen van de standverwarming.
- Teneinde het gevaar van kortsluiting in de motorruimte en daarmee het brandgevaar te reduceren, passen verschillende autofabrikanten bij accu's die niet in de motorruimte zijn ingebouwd zogenaamde **veiligheidsklemmen** toe. Deze onderbreken de pluskabel van de accu naar de dynamo en startmotor door middel van een pyrotechnische voorziening, ter vermijding van kortsluiting. De overige elektrische systemen van de auto, zoals bijvoorbeeld de veiligheidssystemen en de verlichting, blijven echter voorzien van stroom.
- Bij diverse auto's (ook oudere modellen) worden traagheidsschakelaars, zogenaamde **inertia-switches**, toegepast. Deze schakelaars zorgen er na herkenning van een ongeval voor, dat de brandstofpomp wordt uitgeschakeld en geen brandstof meer opgepompt kan worden. Deze schakelaars functioneren onafhankelijk van de veiligheidssystemen en reageren tijdens versnellingen of vertragingen die een vastgestelde grenswaarde overschrijden.



Afbeelding 2: Veilige inbouw van de brandstoftank voor de achteras (Bron: Volvo)

## 4. Aardgas aandrijving

### 4.1. Werkingsprincipe



**Afbeelding 3: Auto op aardgas: Volkswagen Touran Ecofuel (Bron: Volkswagen AG)**

- Auto's met aardgasaandrijving worden door vele autofabrikanten in serie geproduceerd en af fabriek aangeboden. Voorbeelden:
  - Citroen C3 Bivalent
  - Fiat Doblo Natural Power
  - Ford C-Max CNG (Compressed Natural Gas)
  - Mercedes-Benz B-Klasse NGT (Natural Gas Technology)
  - Mercedes-Benz Econic NGT LKW
  - Opel Zafira CNG
  - Volvo S60 Bi-Fuel
  - Volkswagen Touran Ecofuel
- Achteraf inbouw van aardgasinstallaties komt voor.
- Auto's op aardgas zijn verkrijgbaar in zowel monovalente uitvoering (d.w.z. zonder benzinetank of met een benzine-noodtank) als in bivalente uitvoering.
- De motor van een auto op aardgas komt meestal overeen met een conventionele benzinemotor (Ottomotor). In plaats van een mengsel van benzine-lucht wordt een mengsel van aardgas en lucht in de cylinders verbrand. De bestuurder kan in de regel door middel van een schakelaar kiezen, welke brandstof tijdens het rijden gebruikt wordt.
- Teneinde voldoende voorraad aardgas te kunnen opslaan, zijn in het voertuig meerdere gastanks gemonteerd. In de regel wordt het aardgas daar onder een maximale druk van

200 bar gecompriemd opgeslagen (CNG = Compressed Natural Gas, GNC = Gaz Naturel Comprimé).

- De aardgastanks kunnen zowel uit staal als uit carbon versterkt kunsthars (CFK) zijn opgebouwd. De tanks zijn zeer stabiel, zodat een mechanische beschadiging tijdens een ongeval zeer onwaarschijnlijk is.
- De aardgastanks bevinden zich zoals vermeld op veilige inbouwlocaties en kunnen in langs-of dwarsrichting van het voertuig zijn ingebouwd. Gebruikelijke locaties zijn boven of voor de achteras, de aandrijftunnel of de kofferruimte. Bij bestelwagens en vrachtwagens zijn de aardgastanks veelal aan het chassis bevestigd.
- Het aardgas wordt veelal via leidingen van edelstaal naar de drukregelaar in de motorruimte geleid. Aldaar wordt de druk gereduceerd naar de voor de motor vereiste druk waarna het aardgas voor de verbranding naar de motor geleid wordt.
- Wanneer de aardgastanks in het voertuig zelf zijn ingebouwd, dan beschikken de leidingen over een gasdichte mantel uit kunststof om bij lekkage het gas in de open lucht te leiden.

## 4.2. Veiligheidsvoorzieningen van de aardgasinstallatie

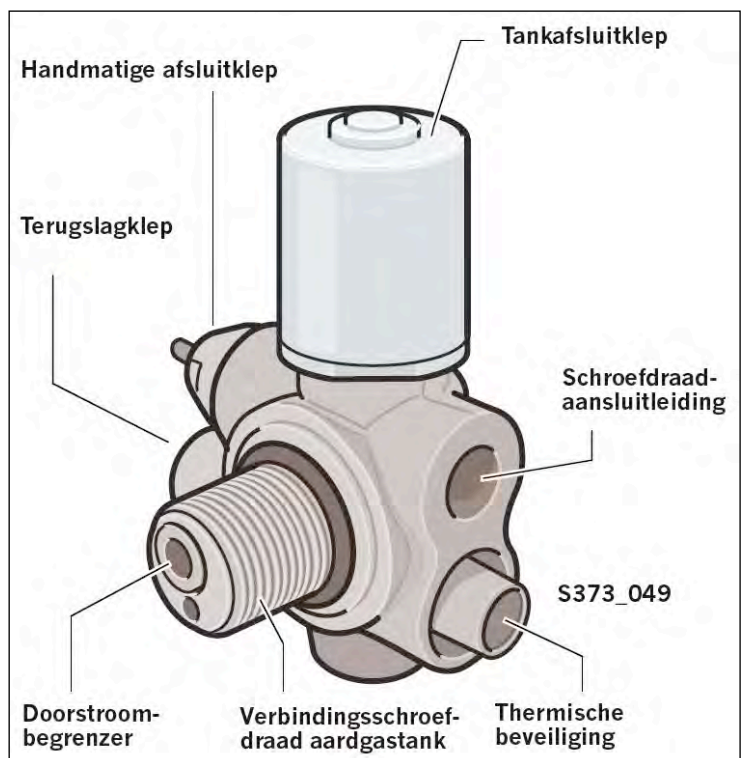
- Op iedere gastank bevindt zich een veiligheidsklep, welke diverse veiligheidsfuncties in zich verenigt:

- **Elektromagnetische afsluitklep**

De elektromagnetische afsluitkleppen worden door de regelenheid van de motor gedurende aardgasgebruik aangestuurd. Wanneer afsluitklep niet van stroom voorzien wordt, dan sluit deze automatisch. Tijdens bijtanken worden zij geopend door de vuldruk van het aardgas.

Tijdens aardgasgebruik wordt de afsluitklep van stroom voorzien. Door het magnetische veld wordt de klep naar boven getrokken en opent daarmee de doorgang naar de aardgastank. Bij beëindiging van het aardgasgebruik schakelt de regelenheid van de motor de stroomvoorziening uit en door de veerdruk wordt de klep vervolgens weer naar beneden gedrukt.

De elektromagnetische afsluitklep sluit (afhankelijk van de fabrikant) na omschakelen naar benzinegebruik, na uitzetten van de motor, tijdens een ongeval waarbij airbags en/of gordelspanners geactiveerd worden en ook bij verlies van de stroomvoorziening, automatisch.



**Afbeelding 4: Voorbeeld van een afsluitklep van een aardgastank (Bron: Volkswagen AG)**

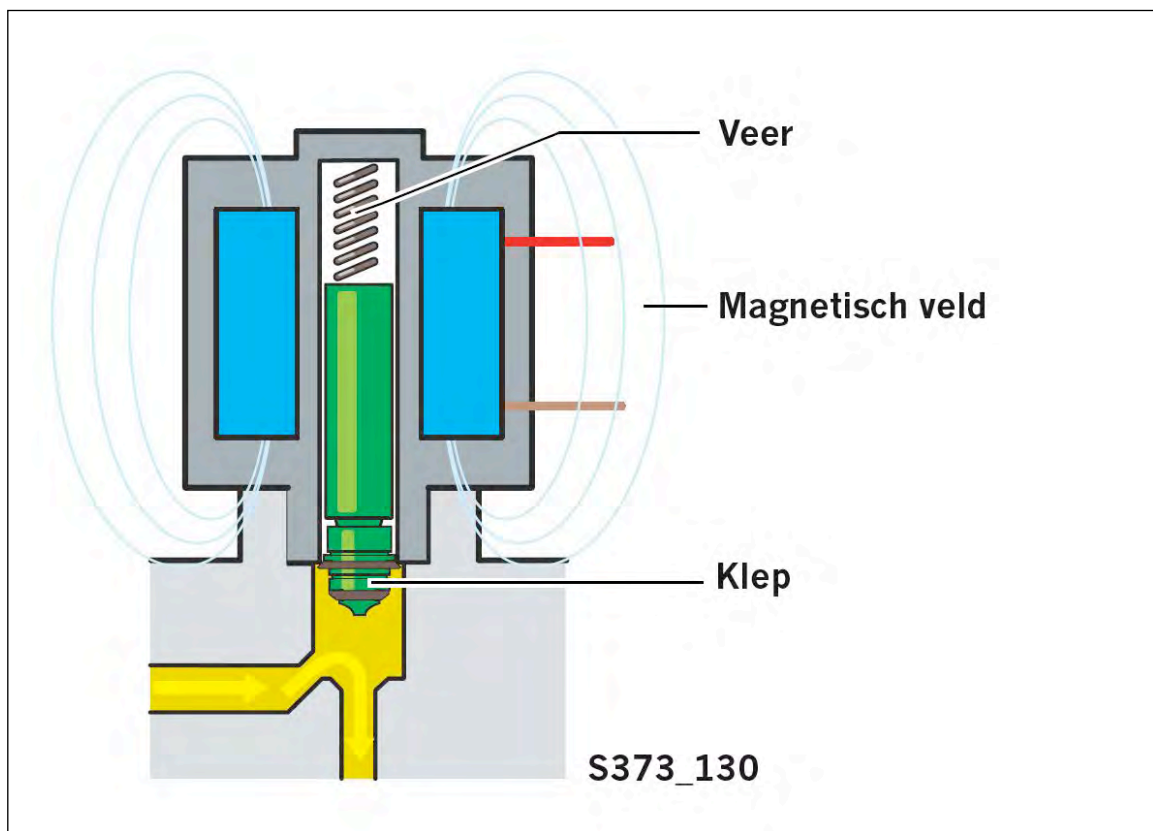


- **Doorstroombegrenzer**

De doorstroombegrenzer verhindert het ongewenst, pulserend uitstromen van aardgas uit de tanks na beschadiging van de aardgasleiding of de gasdrukregelaar.

Zodra de druk in de aardgastank ca. 2 bar hoger is als in de leiding (bijvoorbeeld na losraken of beschadigen van de leiding), wordt de afdichtkegel door de druk in de aardgastank in de afdichtzitting gedrukt en kan nog slechts een kleine hoeveelheid aardgas uitstromen. Dit is noodzakelijk zodat de tank zich na het herstellen van gelijke drukverhoudingen ook weer kan openen. Na bedienen van de mechanische afsluitklep kan de uitstroom van aardgas volledig afgesloten worden.

Na activeren van de doorstroombegrenzer duurt het tot 7 uur voordat de tank volledig is leeggelopen.



**Afbeelding 5: Werkingsprincipe van de elektromagnetisch afsluitklep (Bron: Volkswagen)**

- **Thermische beveiliging**

De thermische beveiliging (ook PRD: Pressure Relief Device) verhindert het ontploffen van aardgastanks door overmatige drukverhoging ten gevolge van hoge temperaturen. De beveiliging is in de regel in de afsluitklep geïntegreerd. Tevens is het mogelijk, dat aan 1 aardgastank 2 thermische beveiligingen zijn gemonteerd.

Wanneer de temperatuur in de buurt van de thermische beveiliging oploopt tot boven 110 °C, opent de thermische beveiliging de afblaasopeningen zodat het aardgas uit de tank de open lucht in kan stromen. Hiervoor is de thermische beveiliging bijvoorbeeld als smeltzekering uitgevoerd. Er zijn ook autofabrikanten, die glasbuisjes toepassen welke ook in sprinklerinstallaties te vinden zijn. Zodra het afblazen is gestart, kan deze niet meer gestopt worden. Bij een volle aardgastank duurt het volledig afblazen van de inhoud ca. 90 seconden.

- **Overdrukmembraan**

Een overdrukmembraan voorkomt een overmatige drukverhoging in de tank. Een membraan breekt door na bereiken van een te hoge druk in de tank (bijvoorbeeld 300 bar). Zodra dit is gestart, kan dit niet meer afgebroken worden.

In tegenstelling tot de thermische beveiliging is het overdrukmembraan niet wettelijk voorgeschreven en daarom niet altijd ingebouwd.

- **Mechanische afsluitklep**

Een handbediende afsluiter (mechanische afsluitklep) maakt handmatig afsluiten van de tank mogelijk, bijvoorbeeld tijdens onderhoudswerkzaamheden of bij een lekkage in het systeem. Het afblaaskanaal van de thermische beveiliging is uit veiligheidsoogpunt ook bij een gesloten afsluitklep, geopend. De afsluitklep wordt in de regel gesloten door de handbediening met de klok mee te draaien. De vorm van de afsluitklep is doorgaans niet genormeerd.

### 4.3. Fysische eigenschappen van aardgas

- Aardgas (Methaan, CH<sub>4</sub>) is een kleurloos, brandbaar gas en van oorsprong reukloos.
- Aardgas is lichter dan lucht (dichtheidsverhouding aardgas/lucht ~ 0,6) en vervliegt in de open lucht dus zeer snel!
- Aardgas is niet reukloos (met een reukstof vermengd), waardoor een lekkage reeds voor het bereiken van de onderste explosiegrens signaleerd kan worden.
- De explosiegrenzen liggen tussen 4 vol. % en 17 vol. % in lucht.
- De ontstekingstemperatuur ligt bij ca. 640 °C.

### 4.4. Aandachtspunten tijdens de inzet

- Een potentieel gevaar vormt de door een auto op aardgas opgeslagen aardgasvoorraad vanwege het explosiegevaar en het eventueel brandend afblazen of lekken van aardgas. Bij verhitting van de aardgastank ontstaat ontploffingsgevaar door openbarsten van de tank.
- Door de reeds beschreven veiligheidsvoorzieningen worden deze gevaren op betrouwbare wijze gereduceerd. Het blijft echter belangrijk te weten, waar de grenzen van deze veiligheidsvoorzieningen liggen:

#### Ongevallen tijdens autorijden

- Wanneer de regeleenheid van de airbagsystemen een ongeval detecteert en de airbags en/of gordelspanners activeert, wordt de elektromagnetische afsluitklep gesloten. Echter, niet alle ongevalsscenario's worden gedetecteerd door de regeleenheid en ook kan het zijn dat de betrokken auto geen airbags heeft. Bijvoorbeeld wanneer de auto over de kop slaat of bij een zware achteraanrijding worden in veel gevallen geen airbags geactiveerd. In deze situaties wordt door de regeleenheid dan ook geen signaal ter activering van de afsluitkleppen gestuurd.

**Let op:**

De door de airbag regeleenheid aangestuurde veiligheidsfuncties (bijvoorbeeld het uitschakelen van de brandstofpomp of het sluiten van de elektromagnetische afsluitklep) zullen alleen geactiveerd worden nadat de regeleenheid daadwerkelijk een ongevalssituatie heeft gedetecteerd.

**Let op:**

Wanneer airbags naar buiten hangen is dit een belangrijke indicatie dat de airbag regeleenheid het ongeval gedetecteerd heeft en dat de veiligheidssystemen zijn geactiveerd. Het is echter in alle gevallen aan te bevelen de benodigde deactiveringsprocedures van het voertuig handmatig uit te voeren!

- Ook wanneer de airbag regeleenheid het ongeval niet gedetecteerd heeft, is het zeer waarschijnlijk dat de elektromagnetische afsluitkleppen gesloten zijn omdat de motor is afgeslagen.
- Lekkage van gas is mogelijk wanneer een afsluitklep door het ongeval mechanisch beschadigd is. In dit geval herkent de doorstroombegrenzer de lekkage en begrenst automatisch de lekkende gashoeveelheid. Dit kan in het geval van een volle aardgastank meerdere uren duren.
- Daarnaast zijn ook gevallen bekend, waarbij lekkages zijn opgetreden in andere delen van de aardgasinstallatie zoals de afsluitklep en/of leidingen. Daarbij is het van belang te weten, dat lekkages via de thermische beveiliging en/of het overdrukmembraan niet door middel van de afsluitklep te dichten zijn. In deze gevallen is ook de doorstroombegrenzer niet actief.
- Het is zeer onwaarschijnlijk, dat de gastanks van auto's op aardgas dusdanig beschadigd raken, dat lekkages optreden. Diverse crashtests hebben aangetoond, dat de tanks uitermate veilig en stabiel zijn.

### **Autobranden**

- Wanneer tijdens een autobrand de aardgastank ook aangestraald wordt, zal vanaf een temperatuur van ca. 110 °C (eventueel ook door een te hoge druk in de tank) de thermische beveiliging geactiveerd worden. Dit leidt vervolgens tot een gecontroleerd afblazen van aardgas, wat vervolgens door de brand wordt ontstoken en dan affakkelt.
- Bij een volle aardgastank (200 bar) duurt het afblazen van aardgas tot de tank volledig leeg is ca. 90 seconden. Het is mogelijk, dat de thermische beveiligingen vertraagd in werking treden.

**Let op:**

Een geactiveerde thermische beveiliging kan men aan het luide afblaasgeluid (sissen) herkennen!

**Let op:**

Is een thermische beveiliging eenmaal geactiveerd dan kan deze niet meer onderbroken worden.

**Let op:**

Afhankelijk van het autotype kan tijdens activering van de thermische beveiliging een steekvlam ontstaan.

- Het herkennen van een hoge temperatuur is voor de thermische beveiliging problematisch in het geval van zeer plaatselijke verhitting van de aardgastank. Er zijn gevallen bekend waarbij een aardgastank van een autobus is ontploft doordat het vuur door het dakvenster

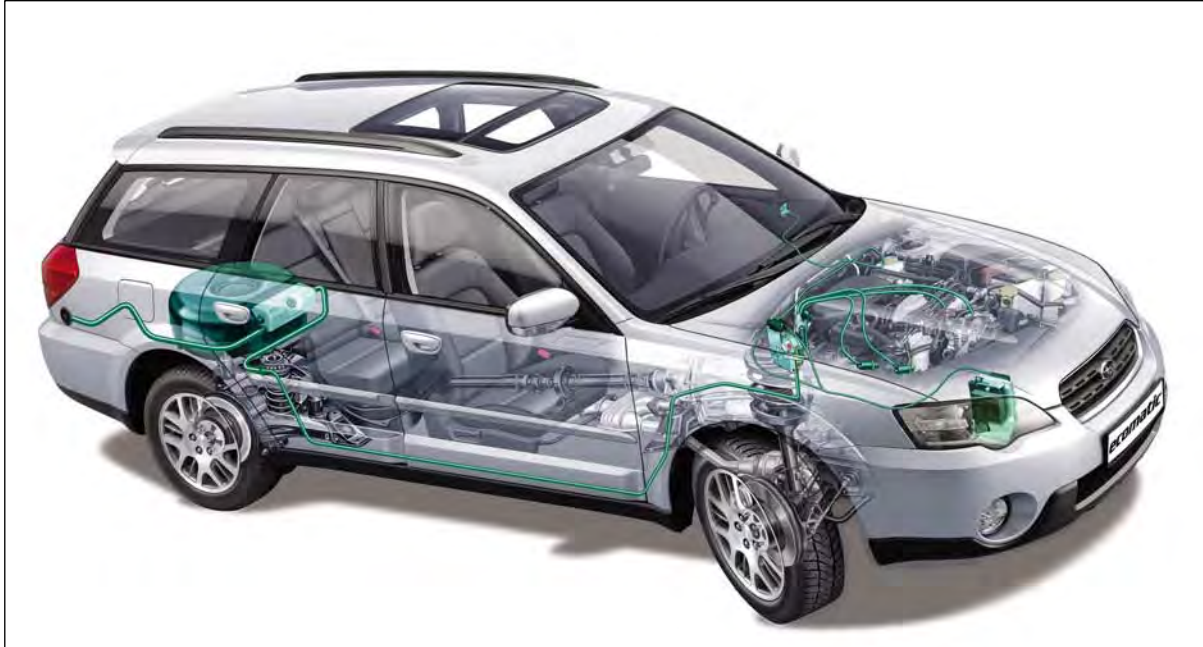
plaatselijk de gastanks verhitten. In ieder geval leidt plaatselijke verhitting tot plaatselijke verzwakking van de tankwand.



**Afbeelding 6: Brandtest van een auto op aardgas. Om ontploffen van de aardgastank te vermijden, zorgt de geactiveerde thermische beveiliging voor een gecontroleerd afblazen van het aardgas zodra de temperatuur sterk toeneemt (Foto: ADAC).**

## 5. Vloeibaar gas / autogas aandrijving

### 5.1. Werkingsprincipe



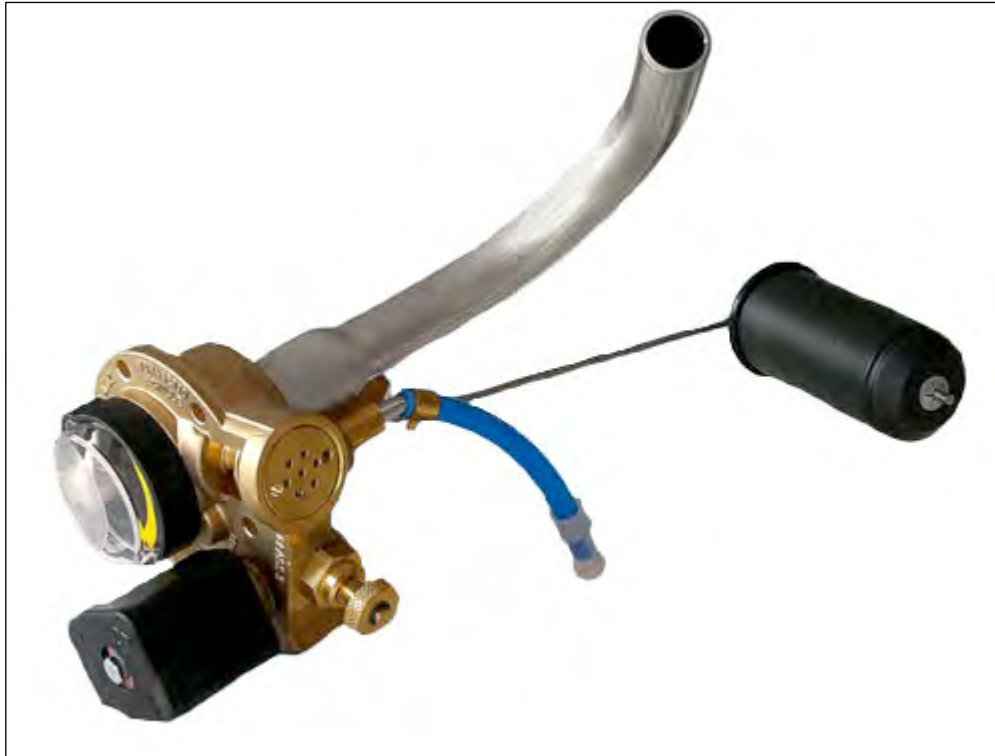
**Afbeelding 7: Auto met vloeibaar gas als brandstof. In de bagageruimte is de tank ingebouwd in het reservewielcompartiment (Bron: Subaru).**

- Auto's met vloeibaar gas als brandstof (autogas ofwel LPG = Liquefied Petroleum Gas of GPL= Gaz de Pétrole Liquéfiés) worden door diverse autofabrikanten in serie geproduceerd. Voorbeelden:
  - Jeep Patriot Eco+
  - Volkswagen Golf BiFuel
  - Volvo S60 Bi-Fuel
- Ook inbouw van een LPG installatie achteraf is mogelijk en is steeds meer in opkomst. LPG installaties zijn in nagenoeg alle voertuigen met benzinemotor in te bouwen.
- Auto's met LPG zijn bijna altijd bivalent. In de praktijk wordt de motor gestart met benzine om de LPG verdampert op bedrijfstemperatuur te brengen. Aansluitend kan de bestuurder kiezen of hij op benzine of op LPG wil rijden.
- Vloeibaar gas kan in tanks met allerlei verschillende vormen en afmetingen opgeslagen worden. Regelmatig worden ronde tanks gebruikt voor inbouw in het reservewielcompartiment. Daarnaast is inbouw in de bagageruimte of onder de bodemplaat mogelijk. De tanks zijn vervaardigd uit staal en hebben een wanddikte van ca. 3,5 mm.
- Wanneer LPG tanks in het voertuig zijn ingebouwd, dan hebben de leidingen een gasdichte kunststof mantel om bij lekkage het gas in de open lucht te geleiden.
- De vulopening kan op diverse plaatsen zijn ingebouwd, bijvoorbeeld naast de normale tankopening, onder de achterbumper of achter de kentekenplaat. De vulopening is met 1 of meer terugslagkleppen uitgerust. Deze verhindert, dat vloeibaar gas terug kan stromen.

- Het tanken wordt uitgevoerd met behulp van een gesloten systeem. De maximale vulhoeveelheid van een LPG tank is 80% om voldoende uitzettingsmogelijkheden te bieden, bijvoorbeeld door hogere buitentemperaturen in de zomer.
- De hogedrukleidingen bestaan uit koper.

## 5.2. Veiligheidsvoorzieningen van de LPG installatie

- LPG tanks zijn uitgerust met een multiklep (veiligheidsklep), die verschillende veiligheidsfuncties met elkaar combineert:



**Afbeelding 8: Multiklep van een LPG tank.**

- **Elektromagnetische afsluitklep**

De elektromagnetische afsluitklep dient ter onderbreking van de gastoevoer. Tijdens het rijden op LPG wordt hij geopend, na omschakelen op benzine, uitzetten van de motor, verlies van accuspanning of na detectie van een ongevalssituatie sluit de klep automatisch.

Tijdens rijden op LPG wordt de elektromagnetische afsluitklep voorzien van stroom. Door het ontstane magnetische veld wordt de klep naar boven getrokken en opent daarmee de toegang tot de LPG tank. Wanneer het LPG rijden wordt beëindigd, schakelt de motor regelenheid de stroomtoevoer uit waarna de klep vervolgens door de veerdruk naar beneden gedrukt wordt.

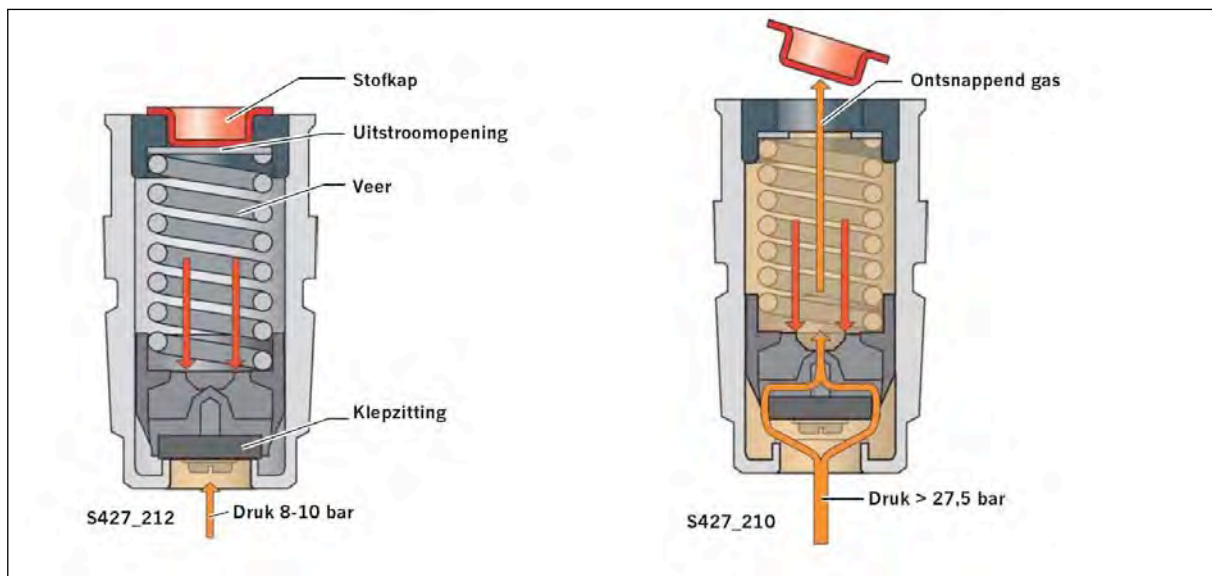
- **De 80% afsluitklep**

De 80% afsluitklep dient ter onderbreking van het tanken zodra de tank voor 80% is gevuld. De klep wordt mechanisch bediend door een vlotter.

- **Het overdrukventiel**

Het overdrukventiel is geïntegreerd in de tank. Hij voorkomt ontploffen van de tank als gevolg van overmatige drukstijging door verhoging van de temperatuur (bijvoorbeeld tijdens een voertuigbrand).

Zodra de druk in de tank hoger wordt dan ca. 27 bar, opent het overdrukventiel mechanisch. Het vloeibare gas wordt afgeblazen en daarbij via een ontluchtings slang uit de auto geleid, waarna het kan affakkelen.



**Afbeelding 9: Werkingsprincipe van het overdrukventiel (Bron: Volkswagen).**

- **Mechanische afsluitklep**

Een handbediende afsluiter (mechanische afsluitklep) maakt handmatig afsluiten van de tank mogelijk, bijvoorbeeld tijdens onderhoudswerkzaamheden of bij een lekkage in het systeem. Niet alle tanks beschikken echter over dit afsluitmechanisme. De werking van het overdrukventiel wordt door handmatig afsluiten niet beïnvloed.

### 5.3. Fysische eigenschappen van vloeibaar gas (LPG)

- Vloeibaar gas bestaat hoofdzakelijk uit een mengsel van propaan (ca. 60%) en butaan (ca. 40%).
- Vloeibaar gas wordt vanaf een druk van 8 bar vloeibaar, waarna het volume aanzienlijk vermindert (1/260ste deel van het oorspronkelijk volume).
- Vloeibaar gas is in gasvormige toestand zwaarder dan lucht (dichtheidsverhouding vloeibaar gas / lucht ~ 1,55) en verspreidt zich daardoor over de grond.
- Vloeibaar gas is niet reukloos (met een reukstof vermengd), waardoor een lekkage reeds voor het bereiken van de onderste explosiegrens signaleerd kan worden.
- De explosiegrenzen liggen tussen 1,5 vol. % en 11 vol. % in lucht.
- De ontstekingstemperatuur ligt bij ca. 460 °C.

## 5.4. Aandachtspunten tijdens de inzet

### Ongevallen tijdens autorijden

- Tijdens een ongeval moet door het sluiten van de elektromagnetische afsluitklep de ongewenste uitstroom van vloeibaar gas verhinderd worden. De elektromagnetische afsluitklep sluit na detectie van een ongeval of na uitzetten van de motor automatisch. Zonder stroomvoorziening is de afsluitklep gesloten, dus ook na losnemen van de accukabels zal de klep gesloten worden.
- Uittreden van vloeibaar gas is denkbaar wanneer de tank (wanddikte ca. 3,5 mm) mechanische beschadigd wordt of na beschadigen van de elektromagnetische afsluitklep.

### Autobranden

- Wanneer tijdens een autobrand de LPG tank aangestraald wordt, wordt vanaf een druk van ca. 27 bar het overdrukventiel geactiveerd. Dit leidt vervolgens tot een gecontroleerd afblazen van vloeibaar gas, wat vervolgens door de brand wordt ontstoken en dan affakkelt. Zodra de overdruk is afgebouwd, sluit het overdrukventiel weer.

**Let op:**

Het in de multiklep geïntegreerde overdrukventiel wordt zolang geopend tot de overdruk in de tank weer is gereduceerd. Daarna sluit het ventiel weer.

**Let op:**

Een geopend overdrukventiel kan men aan het luide afblaasgeluid (sissen) herkennen!

**Let op:**

Afhankelijk van het autotype kan tijdens het open staan van het overdrukventiel een steekvlam ontstaan.

- Er zijn gevallen bekend, waarbij de LPG tank tijdens een autobrand is ontploft (BLEVE). In deze gevallen voldeed de tank of diens inbouw niet aan de algemene richtlijnen. Dit is vanaf de buitenzijde van de auto niet te herkennen.

**Let op:**

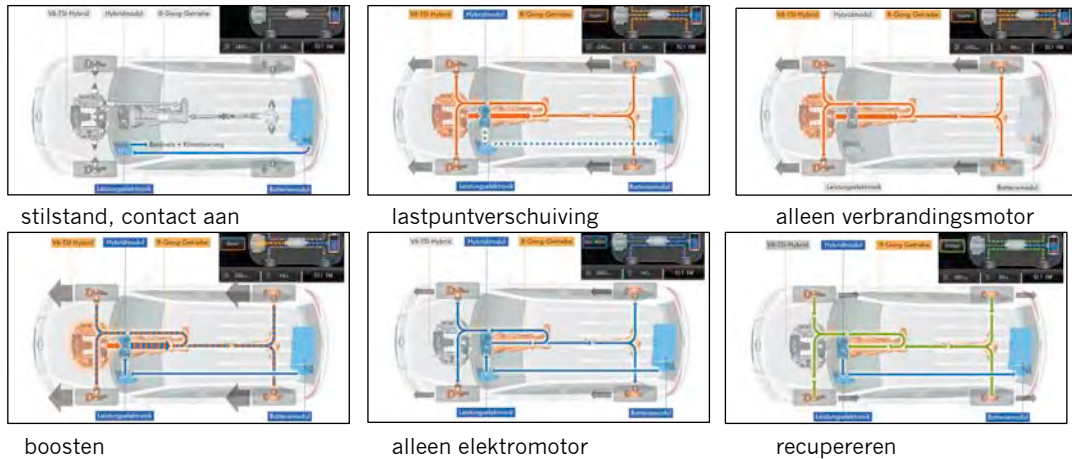
Tijdens de brandbestrijding dient men voorzichtig en onder dekking te werk te gaan.



## 6. Hybride- en elektrische aandrijving

### 6.1. Werkingsprincipe van hybride- en elektrische aandrijfsystemen

- Elektromotoren bieden als voordeel, dat zij een aanmerkelijk hoger rendement leveren dan verbrandingsmotoren. Daarnaast leveren elektromotoren een voordeligere koppel- en vermogenskarakteristiek en zijn zij emissieloos.
- Elektromotoren zijn daardoor (weer) sterk in opkomst voor toepassing in voertuigaandrijvingen. Zij worden toegepast in diverse voertuigconcepten, waarbij het exacte onderscheid voor hulpverleners echter weinig relevant is.
- In principe kan onderscheid gemaakt worden tussen hybride en elektrische auto's. De in serie verkrijgbare hybride auto's combineren de klassieke verbrandingsmotor (met brandstoftank) met een elektromotor / generator en een hoogspanningsaccu als energieopslag. Bij een elektrische auto wordt de aandrijving uitsluitend verzorgd door een elektromotor. In het algemeen is geen verbrandingsmotor meer aanwezig (uitzondering: elektromotor met range-extender).
- Hybride en elektrische auto's worden in toenemende mate in serie geproduceerd door autofabrikanten. Daarnaast zijn er ook diverse fabrikanten die auto's uitrusten met elektrische aandrijving of die elektrische auto's in kleine series produceren.
- **Werkingsprincipe van een hybride aandrijving (Full hybrid) aan de hand van voorbeelden:**
  - In stilstand (vaak ook zonder ingeschakeld contact) is het mogelijk, installaties in de auto (bijvoorbeeld verwarming) in te schakelen met behulp van de hoogspanningsaccu en deze voor langere tijd te gebruiken.
  - Tijdens optrekken en rijden met lage snelheid wordt (voor zover de hoogspanningsaccu voldoende is opgeladen) de elektromotor benut. De verbrandingsmotor is daarbij niet nodig. Geluidsproductie en uitstoot van uitlaatgassen worden hierdoor gereduceerd. De hybride auto beweegt zich op deze wijze zonder emissie. Na het bereiken van een bepaalde snelheid komt de elektromotor aan zijn limiet.
  - Bij constante snelheid is de verbrandingsmotor weer efficiënter. Hij neemt de energievoorziening over en drijft de auto aan. Tegelijkertijd kan ook de hoogspanningsaccu worden opgeladen. In het geval dat plotseling geaccelereerd moet worden (bijvoorbeeld tijdens inhalen) werken beide motoren samen. Overtollige energie wordt opgeslagen in de hoogspanningsaccu. Op deze wijze is een dynamische vermogenskarakteristiek ontstaan.
  - Tijdens afremmen of bergafwaarts rijden is geen aandrijfenergie benodigd. Er wordt zelfs bewegingsenergie opgebouwd. Bij een normale auto gaat al deze energie verloren. Bij een hybride auto functioneert de elektromotor in deze gevallen echter als generator. De vrijgekomen energie wordt benut om de hoogspanningsaccu op te laden (recupereren). Wanneer de hoogspanningsaccu een laag spanningsniveau bereikt, is het tevens mogelijk, door middel van toerentalverhoging van de verbrandingsmotor met een hoger rendement de hoogspanningsaccu via de generator weer op te laden (loadpoint shift).



- **Microhybride**

Een hybride auto is in principe te herkennen aan zijn twee verschillende aandrijfbronnen. Dit is bij een microhybride niet het geval. Microhybride auto's beschikken over een Start-Stop mechanisme en terugwinning van afremenergie om de startaccu of startkondensator op te laden.

- **Milde hybride**

Bij een milde hybride wordt de verbrandingsmotor benut als prestatieverhoger voor de elektromotor. Hierdoor is bijvoorbeeld inbouw van een kleinere en energiesparende motor mogelijk. De energie die vrijkomt tijdens afremmen kan gedeeltelijk benut worden.



**Afbeelding 10: Chevrolet Silverado Hybrid, milde hybride (Bron: GM)**

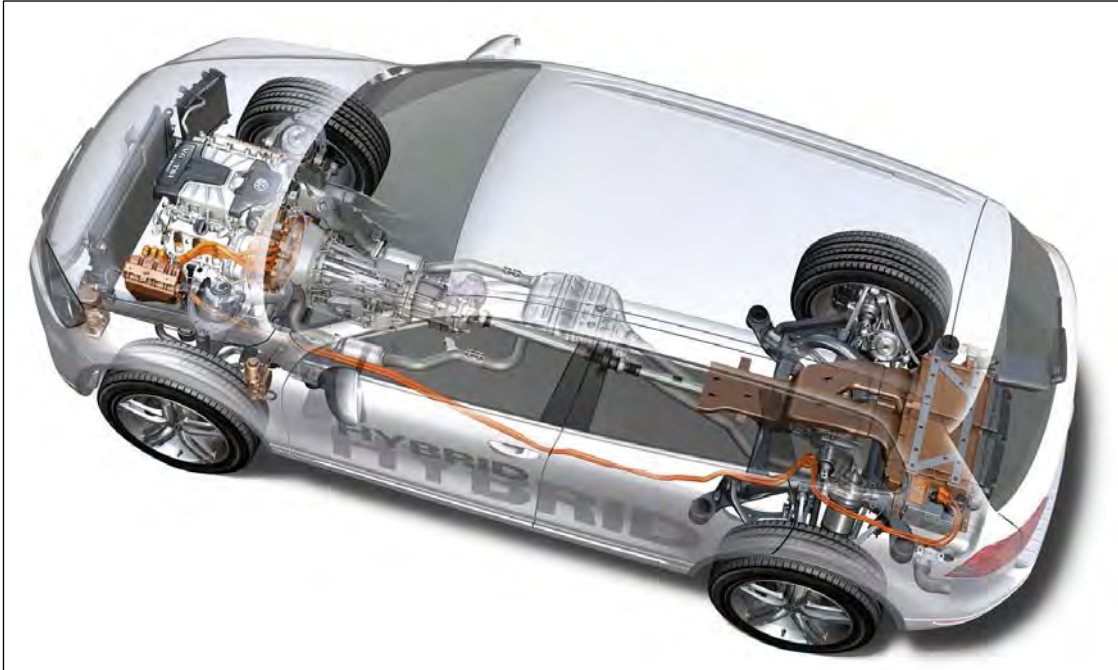
Voorbeelden:

- BMW ActiveHybrid 7
- Honda Civic IMA
- Mercedes-Benz S400 Hybrid

-

- **Full hybride**

Full hybride auto's kunnen meestal uitsluitend door de elektromotor aangedreven worden. Hiervoor beschikken zij over een grotere energie opslag (hoogspanningsaccu), welke door de generator (bijvoorbeeld tijdens afremmen) wordt opgeladen.



**Afbeelding 11: Volkswagen Touareg Hybrid, Vol hybride (Bron: Volkswagen)**

Voorbeelden:

- Toyota Prius
- Lexus RX450h
- Volkswagen Touareg Hybrid
- Volvo FE Hybrid LKW

- **Plug-in hybride**

Een verdere uitbreiding betreft Plug-in hybride auto's (PHV), waarbij de hoogspanningsaccu niet meer uitsluitend door de verbrandingsmotor, maar ook via het elektriciteitsnet opgeladen kan worden. Hiervoor beschikken deze auto's over een laadaansluiting waarmee de auto aan een laadstation aangesloten kan worden.



**Afbeelding 12: Toyota Prius PHV, Plug-in hybride (Bron: Toyota)**

Voorbeelden:

- Toyota Prius PHV
- **Elektrische aandrijving**

Bij een auto met elektrische aandrijving wordt de aandrijving uitsluitend door een elektromotor verzorgd. Deze wordt meestal van stroom voorzien door een ingebouwde hoogspanningsaccu die indien nodig via 1 of meerdere stekkers kan worden opgeladen met behulp van het elektriciteitsnet.



**Afbeelding 13: Smart electric drive elektrische auto (Bron: Daimler)**

Voorbeelden:

- Nissan Leaf
- Mitsubishi i-MiEV
- Peugeot ION
- Citroen Z-Zero
- Smart EV
- Think City

- **Elektrische aandrijving met Range-Extender**

Een bijzondere variant vormen elektrische auto's die zijn uitgerust met een zogenaamde **Range Extender**. De aandrijving van deze auto's wordt uitsluitend door een elektromotor met een hoogspanningsaccu verzorgd. Zodra de accu leeg raakt start een ingebouwde verbrandingsmotor welke met behulp van een generator stroom levert aan de elektromotor. De ingebouwde hoogspanningsaccu wordt indien nodig opgeladen via een stekker aangesloten op het elektriciteitsnet.



**Afbeelding 14: Chevrolet Volt, Elektrische auto met Range Extender**

- Opel Ampera
  - Chevrolet Volt
- De componenten van de hybride- en elektrische aandrijfsystemen bevinden zich in de regel op beschermde locaties in het voertuig:
  - **Hoogspanningsaccu's** bevinden zich meestal voor of boven de achteras. Bij grote accu's is inbouw op de bodemplaat of in de aandrijftunnel mogelijk. Kleine accu's van milde hybride auto's kunnen in sommige gevallen ook in de motorruimte zijn ingebouwd.
  - Bij de meeste voertuigen worden **Nikkel-Metaal-Hydriet (NiMH)** accu's of **Lithium-Ion (Li-Ion)** accu's toegepast. In de accu zijn een veelvoud aan batterijcellen in serie geschakeld om het noodzakelijke voltage te bereiken.

- **Hoogspanningsleidingen** lopen meestal via de onderkant van de auto naar de motor. Zij bevinden zich daarbij niet onmiddellijk aan de rand of onder de dorpel maar vaak meer naar het midden van de auto. Het is mogelijk dat de leidingen niet zichtbaar zijn omdat ze zijn afgedekt of zijn ingevoerd in een kabelharnas.

## 6.2. Gevaren van elektrische stroom

- Het voltage in hybride- en elektrische auto's ligt afhankelijk van het type auto tussen 12 V en 650 V. De hoogspanningsaccu levert gelijkstroom, welke door een spanningsomvormer wordt omgezet in wisselstroom voor de elektromotor (DC/AC omvormer). Gelijktijdig zorgt een andere spanningsomvormer (DC/DC) voor 12 V spanning voor het boordnet.
- Een wisselspanning van 25 V en gelijkspanning van 60 V zijn voor de mens reeds gevaarlijk.
- Bij aanraken van onder stroom staande hoogspanningscomponenten kan de stroom door het menselijk lichaam geleid worden. Gelijkstroom (DC) vanaf 300 mA kan in combinatie met een langere tijdsduur reeds hartritmestoringen veroorzaken. Bij nog hogere stroomsterktes treden interne verbrandingen op en is het optreden van hartritmestoornissen zeer waarschijnlijk.
- Daarnaast bestaat het risico op een vlamboog en brand door kortsluiting van de accupolen van de hoogspanningsaccu. Dit kan leiden tot zware externe verbranding en verblinden van de ogen.

## 6.3. Veiligheid van het hoogspanningscircuit

- Het hoogspanningscircuit van hybride- en elektrische auto's werkt met voltages tot 650 V, wat een potentieel gevaar oplevert voor inzittenden, automonteurs en hulpverleners.

### Let op:

De elektrische componenten werken met spanningsbereiken boven 25 V wisselspanning en 60 V gelijkspanning. Daar deze spanningswaarden boven de in konventionele voertuigen gebruikelijke spanning van 12 V liggen, wordt voor deze waarden in voertuigen het begrip "**Hoogvoltage**" gebruikt.

- Om de potentiële gevaren te reduceren zijn er diverse veiligheidsmaatregelen te noemen, zoals:
  - Waarschuwingsticker voor de hoogspanningsleidingen,
  - Bescherming tegen aanraken (direct en indirect),
  - Galvanische scheiding van hoogspanningscircuit en 12 V boordnet,
  - Hoogvoltage-Interlock-Systeem,
  - Ontlaadschakelingen voor het hoogspanningscircuit,
  - Deactivering na ongevalsdetectie,
  - Onderhoudsstekker.
- Componenten van het hoogspanningscircuit zijn op hun behuizing voorzien van **waarschuwingstickers** die wijzen op de hoge spanning en/of het risico op stroomschokken.



**Afbeelding 15: Waarschuwingstickers voor het hoogspanningscircuit**

- Hoogspanningsleidingen (> 60 V) beschikken over een speciale markering, omdat stickers hier geen zin zouden hebben. Dit is opgelost door opvallend **oranje isolatiemateriaal** te gebruiken. Ook de stekkers en onderhoudstekker zijn uitgevoerd in oranje.
- In ingebouwde toestand zijn alle hoogspanningscomponenten zo uitgevoerd, dat het onmogelijk is door aanraken van de componenten direct in contact te komen met hoogspanning. Na een ongeval (waarbij het hoogspanningscircuit niet is uitgeschakeld) is het zeer goed mogelijk, dat componenten hiervan mechanisch beschadigd zijn en hierdoor elektrische storingen veroorzaken.
- Vanwege bovenstaande zijn de hoogspanningsleidingen naast de oranje isolatie voorzien van extra draadgevlochten isolatie om de kabelkern. Deze isolatie dient ter reductie van elektromagnetische storingen en ter herkenning van breuken in de isolatie.



**Afbeelding 16: Hoogspanningsleidingen onder de bodemplaat van hybride auto's (Honda Civic IMA, Lexus RX 400h). In de rechter afbeelding is de draadgevlochten isolatie te herkennen.**

- Het hoogspanningscircuit is **galvanisch** van het 12 V boordnet en daarmee ook van de voertuigmassa gescheiden. Dit betekent dat zowel de pluspool als de minpool van het hoogspanningscircuit geen geleidende verbinding met de carrosserie of massa hebben. Deze circuitvorm zorgt voor een hogere veiligheid bij optreden van breuken in het isolatiemateriaal.

**Voorbeeld:**

Door een elektrische storing of beschadiging staat de behuizing van de hoogspanningsaccu onder spanning. Bij aanraken van de behuizing krijgt men geen elektrische schok omdat de stroomkring naar de spanningsbron niet gesloten is. Ook wordt de stroomkring niet gesloten, wanneer men gelijktijdig met de andere hand de carrosserie van de auto aanraakt. De enige situatie waarbij men onder stroom kan komen te staan is wanneer men gelijktijdig een onder spanning staande component aan zou raken.

- Om dergelijke storingen te detecteren beschikt de hybride auto over een **isolatiemonitor** welke breuken in de isolatie signaleert en de bestuurder hiervan op de hoogte stelt.

- Vele hybride en elektrische auto's beschikken daarnaast over een **Hoogspannings-Interlock-Systeem** (ook piloot- of veiligheidslijn genoemd). Dit systeem zorgt ervoor, dat het complete hoogspanningscircuit spanningsvrij is zodra een hoogspanningscomponent van het circuit gescheiden wordt. Het Hoogspannings-Interlock-Systeem bestaat uit een elektrische schakeling welke door een veiligheidsstekker of -schakelaar gesloten wordt. Wordt deze schakeling bijvoorbeeld door verwijderen van een veiligheidsstekker of losschroeven van een aangesloten afdekplaat onderbroken, dan schakelt het hoogspanningscircuit zichzelf uit. De veiligheidsstekker dient bijvoorbeeld verwijderd te worden, voordat hoogspanningsleidingen losgenomen kunnen worden van hoogspanningscomponenten. Is het Hoogspannings-Interlock-Systeem niet gesloten, dan kan niet met de auto gereden worden.
- Naast de hoogspanningsaccu zijn er in het hoogspanningscircuit nog meer hoogspanningscomponenten, bijvoorbeeld de condensatoren in de elektronica en de spoelen in de elektromotoren. Omwille van deze redenen passen sommige autofabrikanten **ontlaadcircuits** toe, die het hoogspanningscircuit in speciale gevallen (bijvoorbeeld tijdens een ongeval), actief ontladen. Wanneer genoemde circuits niet beschikbaar zijn, of worden ze (bijvoorbeeld door falende ongevalsdetectie) niet geactiveerd, dan kan het enige minuten (5 tot 10) duren voordat de hoogspanning in het circuit is afgebouwd.
- Op de hoogspanningsaccu bevinden zich **beveiligingsrelais** of onderdelen met vergelijkbare functie. Relais zijn elektromagnetisch bediende schakelaars die een hoge werkspanning met een relatief kleine stuurspanning in- en uitschakelen.
- De beveiligingsrelais worden tijdens bedrijf en opladen van de hoogspanningsaccu's gesloten. Wanneer **een ongeval wordt gedetecteerd** door de airbag regeleenheid of na onderbreking van het Hoogspannings-Interlock-Systeem wordt de stroomvoorziening van de beveiligingsrelais onderbroken, waardoor de relais openen en het hoogspanningscircuit spanningsloos wordt.
- Bij auto's die niet beschikken over uitgebreide voorzieningen met veiligheidssystemen (bijvoorbeeld Tesla Roadster, Think City), wordt de deactivering van de aandrijving doorgaans uitgevoerd door een traagheidsschakelaar (**inertia switch**). Of deze traagheidsschakelaar is geactiveerd is echter aan de buitenzijde vaak lastig te herkennen.
- Tijdens rijden wordt het beveiligingsrelais gesloten na een systeemcheck welke uitgevoerd wordt nadat het contact is aangezet. De relais worden na uitzetten van het contact weer gesloten.
- Bij ingeschakelde aandrijving (kontakt aan) leidt het **losnemen van de accukabels van de 12 V accu** onder bepaalde omstandigheden niet tot **deactivering van de aandrijving**. Dit hangt samen met het feit dat de spanningsomvormer (DC/DC-omvormer) uit het hoogspanningscircuit voorziet in 12 V spanning voor het boordnet. Na losnemen van de 12 V accu wordt de stroomvoorziening door het hoogspanningscircuit overgenomen en blijft het aandrijfsysteem geactiveerd!
- Teneinde onderhoudswerkzaamheden aan het systeem mogelijk te maken, beschikken vele auto's over een **onderhoudstekker** (ook Service-Disconnect-Connector genoemd), welke het hoogspanningscircuit onderbreekt. Vaak fungeert de onderhoudstekker als elektrische brug tussen de verschillende onderdelen van de hoogspanningsaccu. De stroomkring is onderbroken zodra de stekker losgenomen wordt. Overigens is de onderhoudstekker vaak in het Hoogspannings-Interlock-Systeem geïntegreerd, dat wil zeggen dat reeds na het losnemen van de onderhoudstekker het Hoogspannings-Interlock-Systeem onderbroken en daarmee het hoogspanningscircuit uitgeschakeld wordt.





**Afbeelding 17: Voorbeelden van onderhoudstekkers van verschillende auto's.**

**Let op:**

Bij sommige auto's mogen de onderhoudstekker en/of Service-Disconnect-Connector alleen door opgeleid personeel of met beschermende kleding losgenomen worden.

## 6.4. Aandachtspunten tijdens de inzet

- Bij hybride- en elektrische auto's dient extra aandacht besteed te worden aan het hoogspanningscircuit en de daaruit voortvloeiende risico's op het gebied van elektriciteit. Daarnaast dient men er zich van bewust te zijn dat hybride- en elektrische auto's altijd in bedrijfsstand kunnen staan, zelfs wanneer geen motorgeluid te horen is.

### Ongevallen tijdens autorijden

- Na een ongeval moet het aandrijfsysteem altijd gedeactiveerd worden door openen van het beveiligingsrelais. Hierdoor worden de risico's door het hoogspanningscircuit gereduceerd.

**Let op:**

De door de airbag regeleenheid aangestuurde veiligheidsfuncties (bijvoorbeeld het uitschakelen van de brandstofpomp of het openen van het beveiligingsrelais) zullen alleen geactiveerd worden nadat de regeleenheid daadwerkelijk een ongevalsituatie heeft gedetecteerd.

**Let op:**

Wanneer airbags naar buiten hangen is dit een belangrijke indicatie dat de airbag regeleenheid het ongeval gedetecteerd heeft en dat de veiligheidssystemen zijn geactiveerd. Het is echter in alle gevallen aan te bevelen de benodigde deactiveringsprocedures van het voertuig handmatig uit te voeren!

- Of het aandrijfsysteem na het ongeval nog bedrijfs gereed is, is te herkennen aan de zogenaamde "Ready-Indicator".

**Let op:**

Het uitzetten van het contact is de eenvoudigste manier om het beveiligingsrelais te openen. Dit is noodzakelijk wanneer de airbag regeleenheid om wat voor reden dan ook het ongeval niet heeft gedetecteerd.

- Wanneer het contact van de auto niet toegankelijk is en het aandrijfsysteem nog actief dan zijn er diverse voertuigspecifieke maatregelen om het aandrijfsysteem te deactiveren.

**Let op:**

Bij hybride- en elektrische auto's leidt het losnemen van de accukabels van alleen de 12 V accu **niet** tot deactivering van het aandrijfsysteem!

- Zelfs na deactivering van het aandrijfsysteem kan gedurende enige tijd een hoogspanning in het systeem aanwezig blijven. De hoogspanningsaccu zelf behoudt zijn elektrisch potentiaal en mag onder geen beding beschadigd worden.

**Let op:**

Hoogspanningscomponenten, de hoogspanningsaccu in het bijzonder, mogen **nooit mechanisch beschadigd** worden! Om dit te voorkomen is het noodzakelijk te weten waar de verschillende hoogspanningscomponenten zijn ingebouwd.

### Ongevallen tijdens opladen

- Bij hybride- en elektrische auto's die over een laadstekker beschikken dient het beveiligingsrelais van de hoogspanningsaccu tijdens het opladen uiteraard gesloten te zijn om stroom naar de accu te kunnen laten vloeien.
- Tijdens opladen is de auto in het algemeen niet bedrijfsgereed en is het contact uitgeschakeld. In deze situatie kan dus ook geen ongevalssituatie gedetecteerd worden door de airbag regeleenheid van de auto.

**Let op:**

Tijdens opladen kan geen ongevalssituatie door de airbag regeleenheid gedetecteerd worden. Na ongevallen tijdens het opladen wordt het hoogspanningscircuit dus over het algemeen niet automatisch gedeactiveerd!

- In zulke gevallen dient de hulpverlener allereerst de laadvoorziening los te nemen van de auto. De voorkeur gaat hierbij uit naar het losnemen cq. scheiden van de laadkabel aan de zijde van het laadstation. Wanneer dit niet mogelijk is, dan de laadstekker losnemen van de auto. Draag hierbij altijd rubber of 1000 V handschoenen!

### Autobranden

- Tijdens autobranden met hybride auto's dient men rekening te houden met hoogspanning en chemische reacties in de hoogspanningsaccu.
- Onder bepaalde omstandigheden is het mogelijk dat delen van de hoogspanningsaccu bij toenemende temperatuur springen en dat reacties optreden met bluswater.

**Let op:**

Tijdens de brandbestrijding dient men de minimum blusafstand voor voltages tot 1000 V in acht te nemen.

**Let op:**

Kans op gevaarlijke reacties tijdens branden met hoogspanningsaccu's. Voor de brandbestrijding zijn grote hoeveelheden bluswater noodzakelijk.

**Let op:**

Zichtbaar beschadigde hoogspanningsaccu's ook bij brand in de accu **nooit openen** of beschadigen vanwege het hoge risico op elektrische schokken. Een effectieve bestrijding van de brand is niet mogelijk, de accu gecontroleerd laten uitbranden!

### **Auto te water**

- Op grond van de technische opbouw van hybride- en elektrische auto's bestaat geen kans op elektrische schokken bij aanraken van de carrosserie.

## 7. Waterstofaandrijving

### 7.1. Werkingsprincipe

- Het praktisch in gebruik nemen van auto's voorzien van waterstof als brandstof is net als voorheen **technologie van de toekomst**. Er zijn weliswaar enige autofabrikanten die beschikken over een vloot waterstofauto's beschikken, maar van daadwerkelijke serieproductie is nog geen sprake.
- In principe zijn er 2 mogelijkheden om een auto met behulp van waterstof aan te drijven. Bij de eerste variant wordt de opgeslagen waterstof gebruikt als brandstof voor de verbrandingsmotor.

Voorbeeld:

- BMW Hydrogen7



**Afbeelding 18: BMW Hydrogen7 testauto met waterstofaandrijving. Bij deze auto wordt waterstof bij -253 °C vloeibaar opgeslagen en vervolgens in de verbrandingsmotor verbrand (Grafik: BMW).**

- Bij de tweede variant wordt met behulp van waterstof in een brandstofcel elektrische stroom voor een elektromotor gegenereerd. Net als bij hybride auto's worden extra accu's ingezet als energiereserve voor perioden waarin veel vermogen wordt gevraagd en om overtollige energie tijdelijk op te slaan.

Voorbeelden:

- GM Hydrogen4
- Honda FCX Clarity



**Afbeelding 19: Honda FCX Clarity testauto met waterstofaandrijving. Bij deze auto wordt waterstof onder hoge druk (345 bar) opgeslagen en vervolgens toegevoerd aan een brandstofcel. Deze genereert vervolgens stroom voor de elektromotor. Tevens is een hoogspanningsaccu ingebouwd (Bron: Honda).**

- Waterstof kan zowel onder druk (**Waterstof Druk Opslag**,  $\text{GH}_2$ ) als in vloeibare vorm (**Vloeibare Waterstof Opslag**,  $\text{LH}_2$ ) worden opgeslagen in de auto.
- Bij de **Waterstof Druk Opslag** wordt het waterstof in stalen of CFK gastanks opgeslagen. De gebruikte technieken en veiligheidsvoorzieningen zijn met die van auto's op aardgas vergelijkbaar. Om voldoende hoeveelheid waterstof mee te kunnen nemen, wordt met drukken tot 700 bar gewerkt.
- Bij de **Vloeibare Waterstof Opslag** wordt de waterstof in zogenaamde Cryogeentanks bij  $-253\text{ }^\circ\text{C}$  in vloeibare vorm opgeslagen. Hiervoor worden speciale dubbelwandige en geïsoleerde tanks gebruikt, waarin het waterstof zonder externe koeling opgeslagen wordt. Bij de BMW Hydrogen 7 komt deze 3 cm dikke isolatie overeen met een styropor (piepschuim) isolatie van 17 cm dik (een sneeuwpop zou in de tank pas na 13 jaar compleet gesmolten zijn).
- Een **brandstofcel** is een elektrochemische omvormer, waarin waterstof en zuurstof door middel van een gecontroleerd elektrochemisch proces reageren tot water. Uit deze reactie kan stroom gewonnen worden met als afvalproduct water.

## 7.2. Veiligheidsvoorzieningen van het waterstof- en hoogspanningssysteem

- De veiligheidsvoorzieningen van waterstoftanks zijn vergelijkbaar met die van aardgas- en LPG auto's. Bij een ontoelaatbaar hoge druk of temperatuur wordt de inhoud van de tank gecontroleerd afgeblazen naar de open lucht.
- Bij sommige auto's wordt waterstof door afblaasleidingen naar bijvoorbeeld het dak van de auto afgevoerd. Deze afblaasleidingen kunnen zich ook in carrosseriestijlen bevinden.
- Bij Cryogeentanks ontstaat een overdruk in de tank zodra de isolatie beschadigt (door verhoging van de temperatuur). In dat geval wordt het overdrukventiel geactiveerd en de tankinhoud afgeblazen.

- In de auto's zijn vaak sensoren voor waterstof ingebouwd om lekkages te kunnen detecteren. In het algemeen wordt een gasalarm aangegeven op het dashboard of in de deurpen. Sommige auto's openen na een gasalarm automatisch de ramen om voor ventilatie te zorgen.

**Let op:**

Het losnemen van de accukabels zorgt ook voor deactivering van het detectiesysteem voor gaslekken!

- De veiligheidssystemen van het hoogspanningssysteem zijn vergelijkbaar met die van hybride- en elektrische auto's.
- Beveiligingsrelais bevinden zich bij auto's met brandstofcellen niet alleen aan de hoogspanningsaccu, maar ook aan de brandstofcel. Het opwekken van stroom in de brandstofcel wordt daardoor na onderbreken van de waterstoftoevoer tevens onderbroken.

### 7.3. Fysische eigenschappen van waterstof

- Waterstof ( $H_2$ ) is een kleur-, reuk- en smaakloos brandbaar gas.
- De onderste explosiegrens ligt bij 4 vol. %, de bovenste bij 76 vol. %. De optimale (stoichiometrische) mengverhouding met lucht ligt bij 29,6 vol. %.
- Waterstof is, zeker in hogere concentraties, zeer licht ontvlambaar en kan al met zeer weinig energie (0,02 miliJoule) ontbranden (bijvoorbeeld door een statische lading).
- Waterstof brandt rookvrij in de lucht met een bij daglicht bijna onzichtbare vlam.
- Waterstof wordt gasvormig vanaf  $-253^{\circ}C$ . Beneden deze temperatuur spreekt men van vloeibaar waterstof ( $LH_2$ , Liquid Hydrogen).
- Waterstof is lichter dan lucht (dichtheidsverhouding  $\sim 1/15$ ), stijgt snel op en is zeer vluchtig. Waterstof is het lichtste gas.

### 7.4. Aandachtspunten tijdens de inzet

- In principe zijn de aandachtspunten die reeds genoemd zijn voor gasaangedreven en hybride- en elektrische auto's ook van toepassing op waterstofaangedreven auto's. Daarnaast zijn de volgende punten van belang:
- Door de fysische eigenschappen van waterstof zoals een bijna onzichtbare vlam en geen reuk is herkenning van waterstoflekkage zeer moeilijk. Wanneer een gasalarmstelsel is ingebouwd dan is het belangrijk voor een hulpverlener te weten waaraan deze te herkennen is.
- Bij Cryogeentanks leidt (naast verhitting door brand) een beschadiging van de tankisolatie tot een drukstijging in de tank. De overdrukventielen worden dan geactiveerd en waterstof wordt vervolgens afgeblazen.
- Bij diverse auto's wordt het waterstofgas via afblaasleidingen door de carrosseriestijlen naar het dak van de auto (hoogste gedeelte van de auto) geleid. Hierdoor wordt verzamelen van waterstof in het interieur van de auto voorkomen.

**Let op:**

De afblaasleidingen mogen niet beschadigd worden om de goede werking van het overdrukventiel te garanderen.

- Vanwege de zeer lichte ontvlambaarheid is het goed mogelijk dat waterstof na menging met lucht ter plaatse van de afblaasleiding ontbrandt.

**Let op:**

Gedurende de hulpverlening dient het gebied rond de afblaasleiding vrijgehouden te worden.

- Brandend waterstof is heel moeilijk waar te nemen, vandaar dat inzet van een warmtebeeldcamera zinvol kan zijn!

## 8. Procedures tijdens de inzet

### 8.1. Inleiding

- De uitdaging bij het definiëren van procedures voor de hulpverlening is om deze dusdanig te formuleren, dat ze voor alle aandrijfsystemen toegepast kunnen worden. Dit is weliswaar mogelijk, doch leidt op grond van de ervaringen tot zeer omvangrijke procedures.
- Vanwege bovenstaande is er daarom voor gekozen om de in dit hoofdstuk genoemde procedures te markeren met symbolen om duidelijk aan te kunnen geven welke aanwijzingen geldig zijn voor welke aandrijfsystemen:



**Aanwijzingen voor elektrische, hybride- en brandstofcelauto's**



**Aanwijzingen voor elektrische, hybride- en brandstofcelauto's**



**Aanwijzingen over veiligheidssystemen (airbags, gordelspanners, rolbeugels)**



**Aanwijzingen voor gebruik van voertuiginformatie**

- Doelstelling van de hulpverlener zal daarom moeten zijn vroegtijdig te weten te komen om welk aandrijfsysteem en brandstofsoort het gaat. Deze kennis reduceert namelijk direct het aantal noodzakelijke maatregelen.
- De aandachtspunten die naar voren komen tijdens de inzet bij voertuigen met alternatieve aandrijvingen laten zich alleen vanuit een totaalbenadering oplossen. Naast het gebruik van de juiste apparatuur (bijvoorbeeld meetapparatuur), is het van het grootste belang dat de hulpverleners over de juiste kennis van alternatieve aandrijvingen beschikken. Voertuigspecifieke informatie wordt ter plaatse beschikbaar gemaakt door het digitale informatiesysteem Crash Recovery System.



**Afbeelding 20: Totaalbenadering als oplossing tijdens de inzet.**



## 8.2. Voorzichtige benadering

- Het voor de eerste keer naderen van een gecrasht of brandend voertuig dient altijd met de grootste voorzichtigheid te worden uitgevoerd. Daarbij dient men de volgende punten in acht te nemen:



**Let op:**

Hybride-, elektrische- en brandstofcelauto's kunnen in bedrijfsstand staan, zelfs wanneer geen motorgeluid te horen is.



**Let op:**

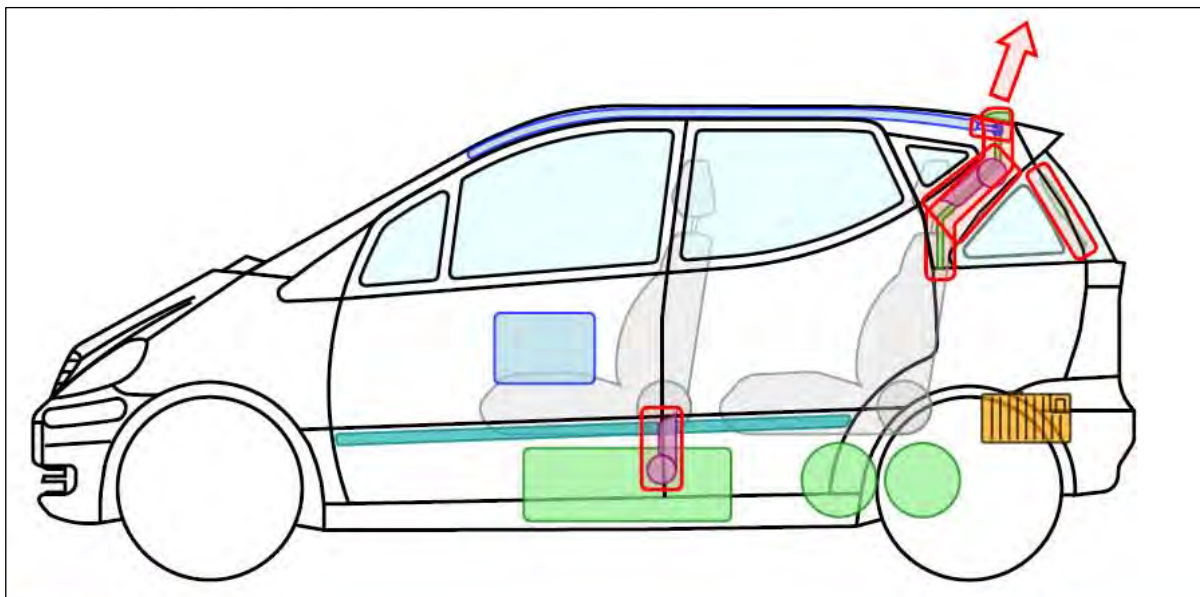
Waterstof brandt zonder rookontwikkeling in de open lucht en de vlam is bijna onzichtbaar bij daglicht! Verbrandingsgevaar rond de afblaasopening!

- Tijdens eerste verkenning letten op ontploffingsgevaar.
- Bovenwinds naderen.
- Gebied rond de afblaasleiding vrijhouden.



**Let op:**

De locatie van de afblaasopening wordt in het Crash Recovery System (CRS) met een rode pijl aangegeven.



**Afbeelding 21: Mercedes-Benz A-Klasse F-CELL. De afblaasopening en -richting is door middel van een rode pijl aangegeven.**

- Let op signalen die erop kunnen duiden dat de thermische beveiliging en/of het overdrukventiel zijn geactiveerd. Deze zijn o.a. luid gesis, geratel, of nevelvorming.



**Let op:**

Een eventueel aanwezige waterstofvlam bij de afblaasopening kan bijvoorbeeld met behulp een warmtebeeldcamera zichtbaar gemaakt worden.

### 8.3. Type aandrijving identificeren

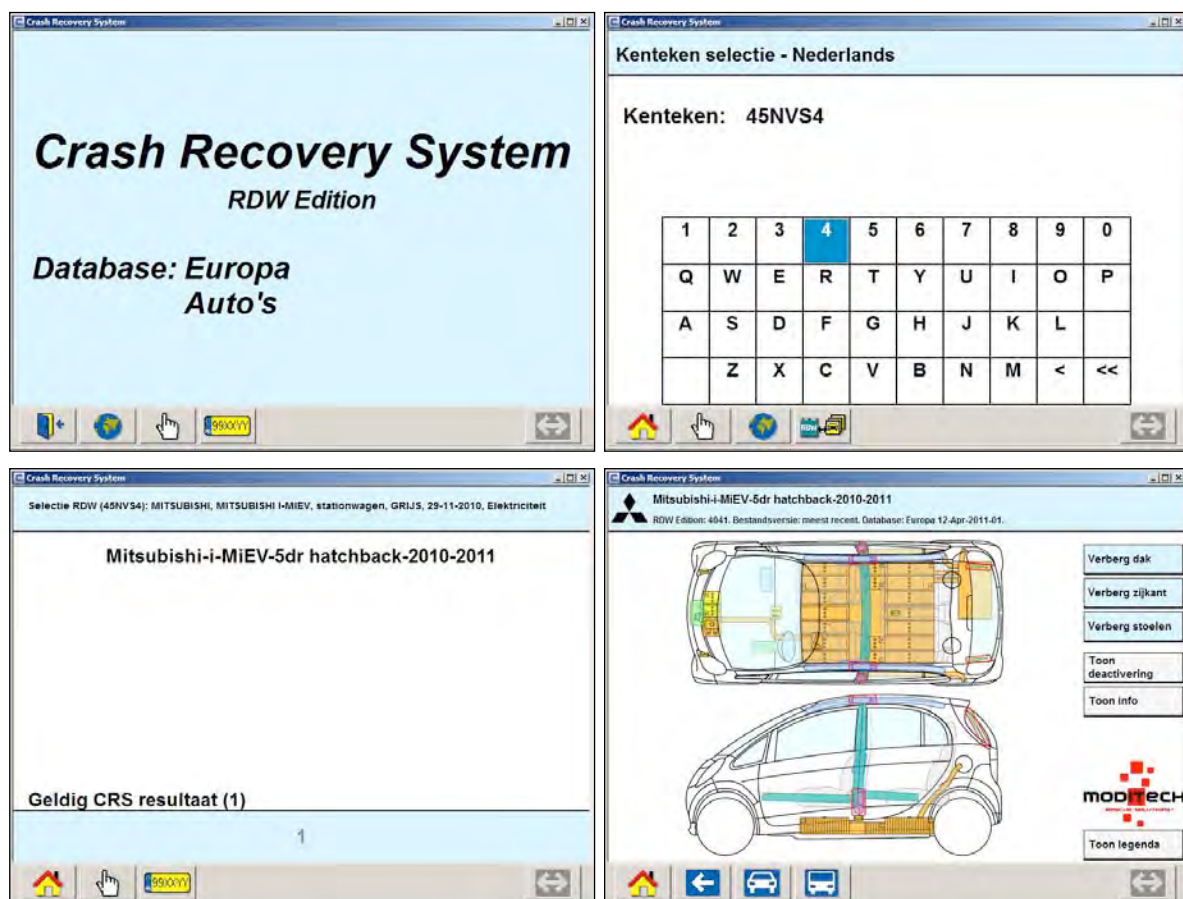
- Om het aantal benodigde stappen tijdens de inzet te reduceren is het belangrijk, reeds in een vroeg stadium informatie te vergaren over het type aandrijfsysteem en de gebruikte brandstof.
- Er bestaat geen uitgesproken uiterlijk kenmerk voor auto's met alternatieve aandrijving!

#### Let op:



De eenvoudigste en betrouwbaarste methode om informatie te verkrijgen over het type auto, de uitvoering en het aandrijfsysteem is door deze informatie op te vragen in het Crash Recovery System met gebruikmaking van het kenteken.

**Auto's waarbij de alternatieve aandrijving achteraf is ingebouwd, kunnen wel in het Crash Recovery System opgevraagd worden, doch echter niet in alle gevallen met de bijbehorende informatie voor de alternatieve aandrijving. Tijdens opvragen met behulp van het kenteken wordt de alternatieve aandrijving wel aangegeven.**

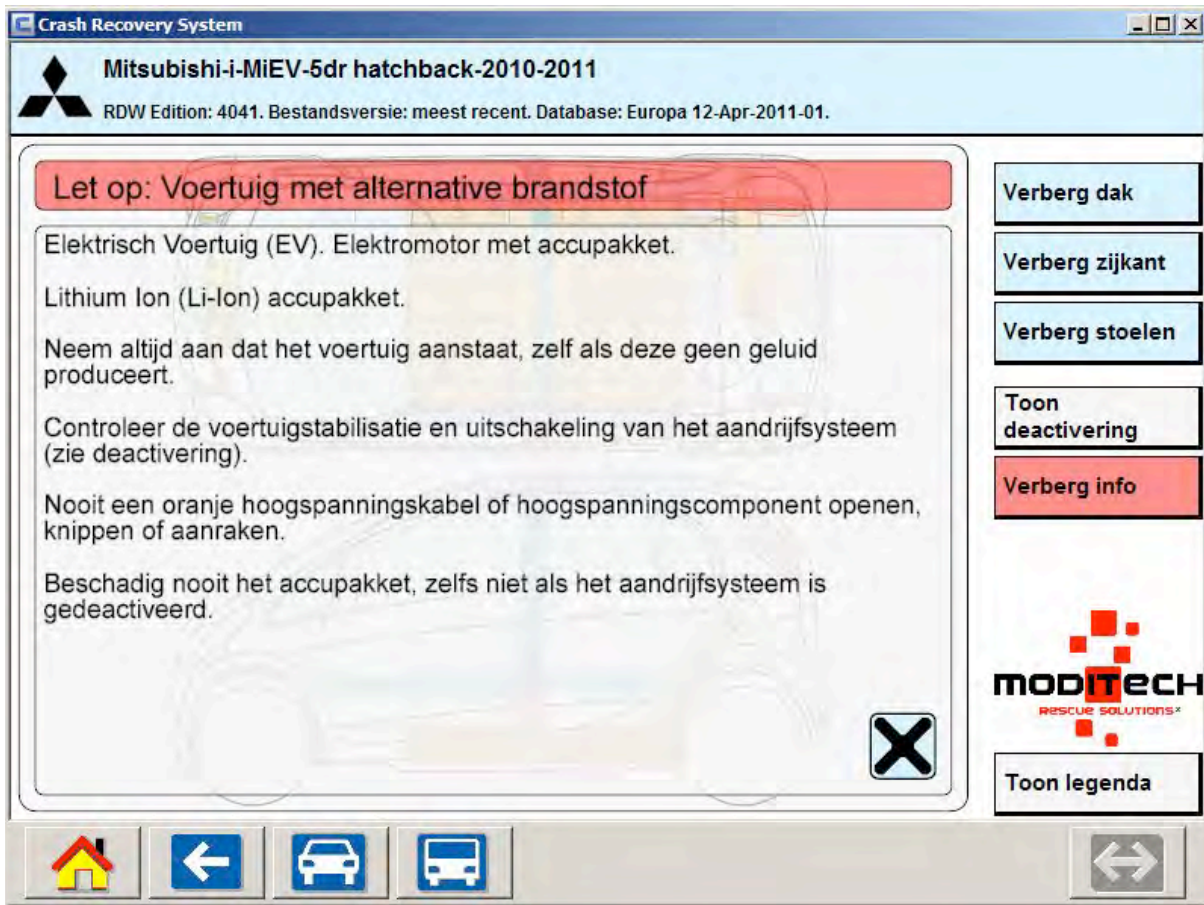


**Afbeelding 22: Kentekenbevraging in het Crash Recovery System. De melding in de koptekst van de afbeelding linksonder geeft het autotype en de brandstofsoort weer. Het Crash Recovery System heeft overeenkomstige autotype (hier een in serie geproduceerde auto) uit de database geselecteerd.**

#### Let op:



Het eerste informatiescherm van het Crash Recovery System geeft bij hybride-elektrische- en waterstofauto's een overzicht van de noodzakelijke veiligheidsmaatregelen.



**Afbeelding 23: Eerste informatiescherm van het Crash Recovery System met belangrijke instructies over de betreffende hybride- elektrische- of brandstofcelauto.**

- In het geval dat het kenteken niet afgelezen kan worden, zijn er diverse aanknopingspunten om uit te vinden welke soort aandrijfsysteem het betreft. Deze zijn naast het **ondervragen van de bestuurder** ook het controleren van de auto:
- **Uittredende vloeistoffen:**
  - Geur van aardgas of vloeibaar gas (LPG).
  - Gasniveau bij of onder de auto.
  - Knetterende geluiden.
  - Afblaasgeluid (sissen).
  - Lekkende vloeistoffen.
- **Inspectie van de onderkant**
  - Gekleurde leidingen (oranje kabels).
  - Waarschuwingstickers.
  - Gastanks.
  - Uitlaat.

Indien mogelijk de motorruimte en bagageruimte op overige aanwijzingen controleren.



**Let op:**

LPG tanks onderscheiden zich van aardgastanks door de aan de buitenkant zichtbare lasnaden.



**Afbeelding 23: Blik onder de auto, a. Hoogspanningsleiding, b. Gastank**

- Tankdop inspectie

**Let op:**

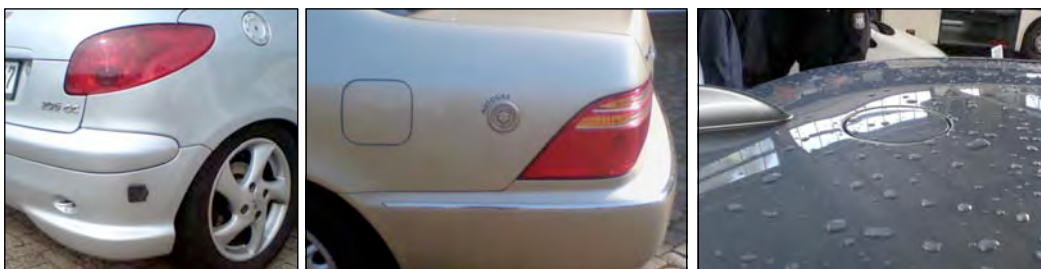
De „Tankdop“ kan zich op verschillende locaties op het voertuig bevinden (onder andere ook aan de voorzijde of in de buurt van het spatbord). Er kunnen ook meerdere tankdoppen aanwezig zijn.

- Vorm van de vuldop
- Aantal vuldoppen
- Informatie aan de binnenzijde van de vuldop



**Afbeelding 25: Verschillende tankdoppen, a. bivalent benzine-/aardgas, b. elektrische auto, laadstekker in het spatbord, c. elektrische auto met 2 laadstekkers aan de voorzijde.**

- Inspectie van de oppervlakte
  - Mogelijke extra vulopeningen.
  - Ongebruikelijke openingen.
  - Typeplaatje (Hybrid, IMA, CNG, NGT, BiFuel).
  - Reclamestickers.



**Afbeelding 26: Voorbeelden van extra tankdoppen en overige ongebruikelijke openingen.**

## 8.4. Gaslekkage afsluiten/beperken



### Let op:

Niet alle auto's op gas vereisen dezelfde benadering! De eigenschappen van de toegepaste gassoorten zijn zeer verschillend.

- Wanneer bij de inzet een auto op gas is betrokken, is het belangrijk om te controleren of gas lekt en om welke gassoort het gaat. Indicatoren hiervoor kunnen zijn:
  - Afblaasgeluid.
  - Geur van gas.
  - Ontwikkeling van gasnevel.
  - Steekvlammen.
- Het is zeer goed mogelijk, dat auto's op gas over een gasalarmsysteem beschikken. In de meeste gevallen is dit systeem voorzien van indicatoren die van buiten herkenbaar zijn in het geval van een gasalarm.



**Afbeelding 27: Gasalarmsysteem van de BMW Hydrogen7. De LEDs van het systeem zijn geïntegreerd in de slotpen van de deur en lichten op in het geval van een gasalarm (Bron: BMW).**



### Let op:

Aanwijzingen over het beschikbaar zijn van deze indicatoren zijn vermeld in het Crash Recovery System.

- Wanneer ter plaatse van een ongeval een gaslek is geconstateerd, dan dienen de volgende maatregelen genomen te worden:
  - Gevarezone ontruimen en afbakenen.
  - Mogelijke ontstekingsbronnen verwijderen.
  - Blusmiddelen gereed maken.
  - Auto verwijderen uit gesloten ruimten.
  - Gasconcentratie met meetapparatuur vaststellen, let op gasconcentraties in holle ruimtes van het voertuig.

Vóór aanvang van een meting:

- Motor uitzetten, auto niet starten.
- Contact uitzetten.
- Interieur van de auto ventileren, deuren, ruiten, motorklep, achterklep openen, indien nodig ook ruiten van afstand breken.
- Indien mogelijk voor tochtventilatie zorgen, gas met ventilatoren “verblazen”.
- Indien mogelijk afsluitkleppen handmatig afsluiten.



**Let op:**

De bij de brandweer normaal gesproken in gebruik zijnde explosiemeters zijn meestal met behulp van o.a. methaan of nonaan gecalibreerd.

Dit betekent, dat explosiemeters bij een waterstofmeting na bereiken van ongeveer 20% van de onderste explosiegrens reeds 100% van de onderste explosiegrenswaarde aangeven.



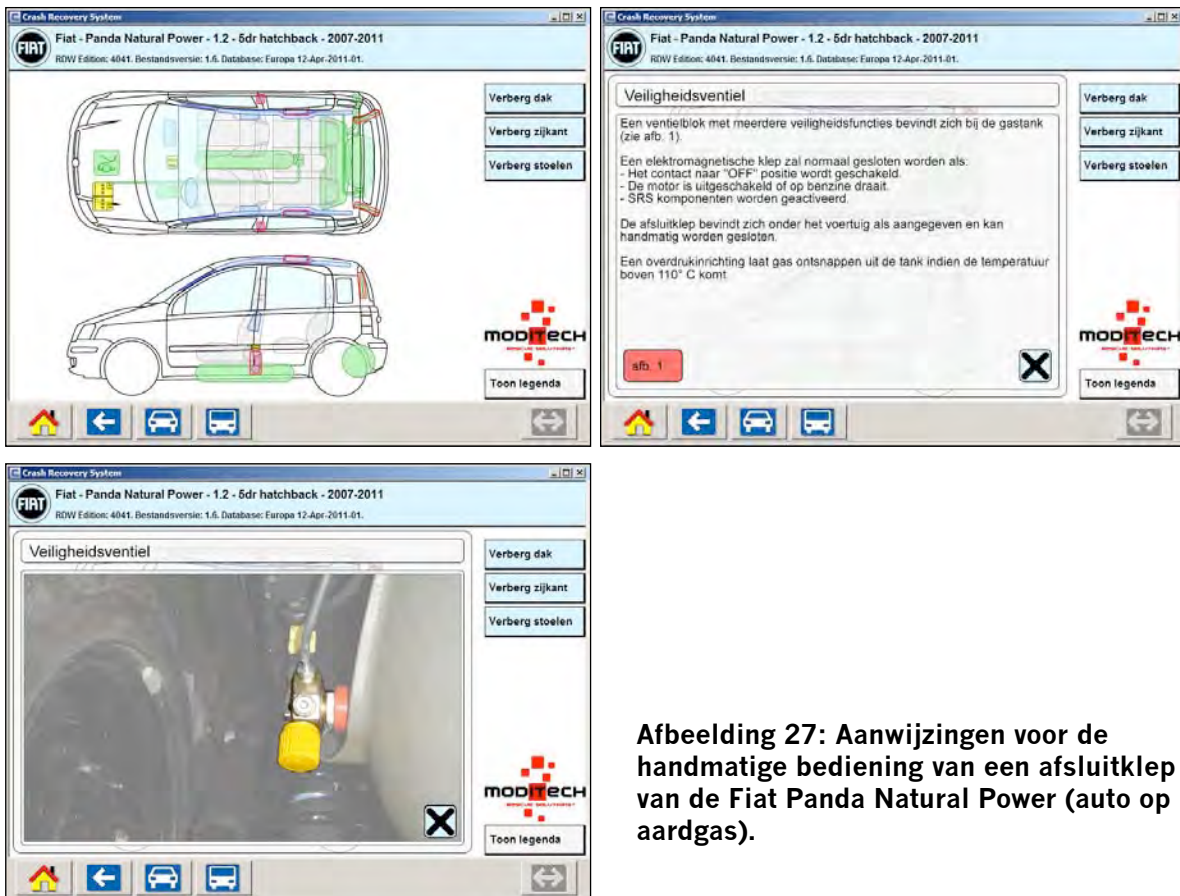
**Let op:**

Het openen van deuren / achterklep / motorkap kan elektrische vonken veroorzaken!



**Let op:**

Aanwijzingen betreffende het handmatig bedienen van afsluitkleppen kunnen uit het Crash Recovery System gehaald worden.



**Afbeelding 27: Aanwijzingen voor de handmatige bediening van een afsluitklep van de Fiat Panda Natural Power (auto op aardgas).**

## 8.5. Voorkomen dat het voertuig wegrolt



### Let op:

Hybride-, elektrische- en brandstofcelauto's kunnen in bedrijfsstand staan, zelfs wanneer geen motorgeluid waarneembaar is.

- **Alle** auto's dienen daarom tijdig tegen weggrollen beveiligd te worden:
  - Wielen onderstoppen.
  - Automatische versnelling in stand "P" zetten.
  - Handrem / parkeerrem aantrekken / inschakelen.

## 8.6. Aandrijfsysteem deactiveren

- Teneinde veilig aan een bij een ongeval betrokken voertuig te kunnen werken, dient men er zeker van te zijn, dat het aandrijfsysteem gedeactiveerd is.



### Let op:

De door de airbag regeleenheid aangestuurde veiligheidsfuncties (bijvoorbeeld het uitschakelen van de brandstofpomp, het sluiten van de elektromagnetische afsluitklep of het openen van het beveiligingsrelais) zullen alleen geactiveerd worden nadat de regeleenheid daadwerkelijk een ongevalssituatie heeft gedetecteerd.



### Let op:

Wanneer airbags naar buiten hangen is dit een belangrijke indicatie dat de airbag regeleenheid het ongeval gedetecteerd heeft en dat de veiligheidssystemen zijn geactiveerd. Het is echter in alle gevallen aan te bevelen de benodigde deactiveringsprocedures van het voertuig handmatig uit te voeren!



### Let op:

Het uitzetten van het contact is de eenvoudigste maatregel die ervoor zorgt dat het beveiligingsrelais van de hoogspanningsaccu zich opent en daarmee het aandrijfsysteem deactiveert.



### Let op:

Ook tijdens opladen worden de beveiligingsrelais van de hoogspanningsaccu gesloten (elektrische auto's, plug-in hybriden). Om de relais te openen dient de laadstroom onderbroken of de laadstekker losgenomen te worden.



### Let op:

Het uitzetten van het contact reduceert door de onderbreking van de stroomvoorziening van de airbag regeleenheid ook het risico van een mogelijke activering van de veiligheidssystemen. Zolang de 12 V accu echter nog is aangesloten, kunnen de veiligheidssystemen door kortsluiting geactiveerd worden.

- De bedrijfsstand van hybride- en elektrische auto's kan in de regel afgelezen worden aan de hand van de zogenaamde "Ready"-indicator. Wanneer de "Ready"-indicator oplicht is de auto gereed voor bedrijf. De "Ready"-indicator bevindt zich in de meeste gevallen bij de snelheidsmeter.



**Afbeelding 29: Voorbeelden van “Ready-indicatoren” bij diverse hybride- en elektrische auto’s.**

- Om het contact uit te zetten dient men de sleutel in de “Uit” stand te zetten.
- In sommige gevallen is geen conventionele contactsleutel aanwezig. In dat geval wordt de auto met behulp van een “Start/Stop”-knop gestart en uitgezet. De Start/Stop knop bevindt zich op het dashboard of in de buurt van de versnellingspook. Om de auto te starten cq. uit te zetten is het meestal voldoende wanneer zich een “Smart key” in het interieur van de auto bevindt.
- Om een geactiveerd aandrijfsysteem (“Ready”-indicator licht op) te deactiveren dient men eenmaal te drukken op de “Start/Stop”-knop.



**Let op:**

Wanneer het aandrijfsysteem reeds gedeactiveerd is (bijvoorbeeld door de bestuurder, hulpverlener, of de airbag regeleenheid), bestaat het risico dat deze door het bedienen van de “Start/Stop”-knop weer geactiveerd wordt.



**Afbeelding 30: Start/Stop-knop, hier van een Toyota Prius.**



- Om opnieuw activeren van het aandrijfsysteem te voorkomen, dient de “Smart key” of contactsleutel minstens 5 m buiten het interieur van de auto gebracht te worden.
- Aansluitend dient de 12 V accu losgenomen te worden. Dit reduceert het gevaar van kortsluiting en verhindert opnieuw activeren.



**Let op:**

De inbouwlocatie van de 12 V accu kan opgevraagd worden uit het Crash Recovery System.



**Let op:**

De volledige deactivering van het aandrijfsysteem (incl. losnemen van de 12 V accu) reduceert ook het risico op onverwachtse activering van de veiligheidssystemen door kortsluiting.

- Wanneer de contactsleutel of de “Start/Stop”-knop niet toegankelijk en het aandrijfsysteem nog geactiveerd is (“Ready”-indicator verlicht), dienen bij hybride- en elektrische auto’s naast het losnemen van de accuklemmen extra (modelspecifieke) deactiveringsprocedures uitgevoerd te worden.



**Let op:**

Bij hybride- en elektrische auto’s leidt alleen losnemen van de 12 V accu met een geactiveerd aandrijfsysteem niet tot deactivering.



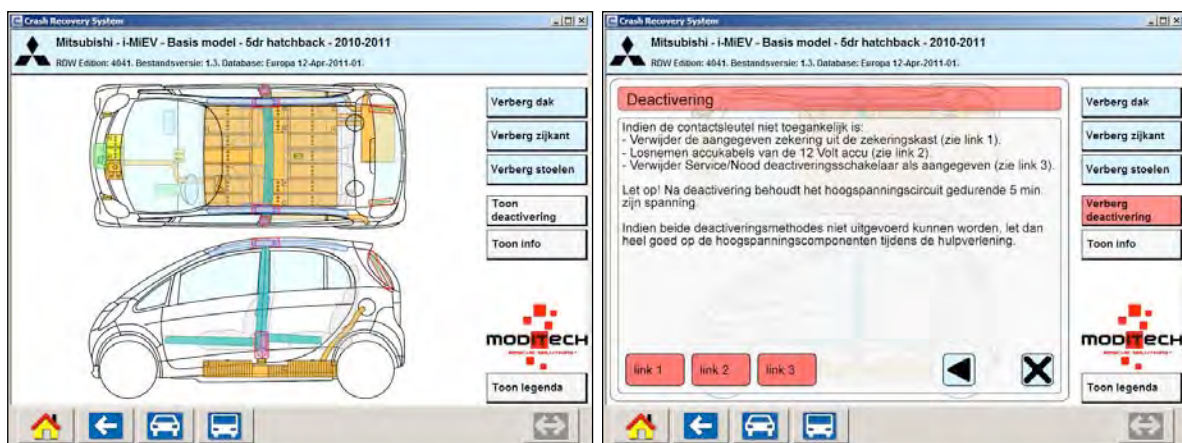
**Let op:**

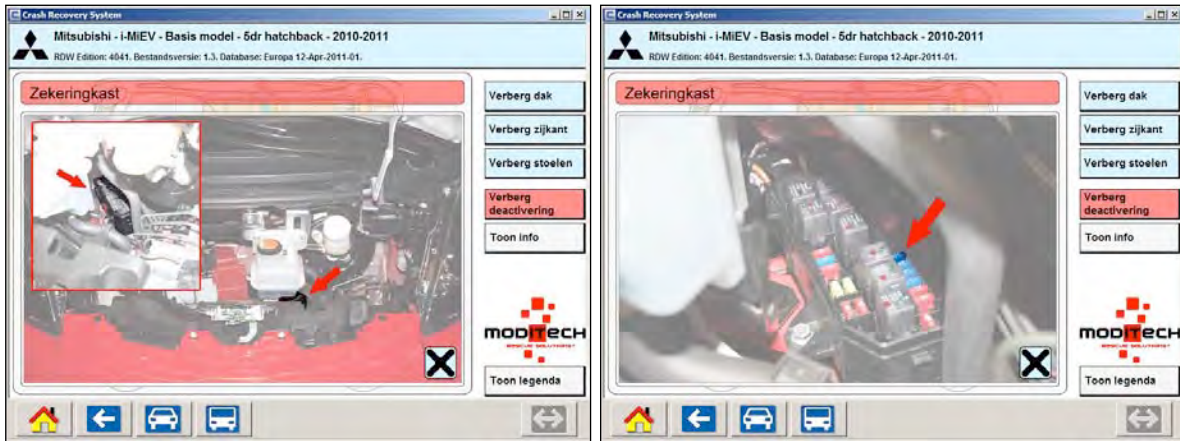
Bij aardgas- en LPG auto’s leidt het als laatste losnemen van de 12 V accu tot sluiten van de elektromagnetische afsluitklep, mits deze niet is beschadigd.



**Let op:**

Stap-voor-stap aanwijzingen voor veilige deactivering van het aandrijfsysteem van de auto vindt men in het Crash Recovery System.





**Afbeelding 31:** Wanneer de contactsleutel bij deze Mitsubishi i-MiEV (elektrische auto) niet toegankelijk is dan dient ter deactivering van het aandrijfsysteem een zekering te worden verwijderd en vervolgens de 12 V accu losgenomen te worden.



**Afbeelding 32:** Wanneer de “Start/Stop”-knop van deze Honda CR-Z (milde hybride) niet toegankelijk is dan dient ter deactivering van het aandrijfsysteem een extra kabelverbinding te worden doorgeknipt of de Service-/noodchakelaar bediend te worden.

## 8.7. Voorzichtig werken

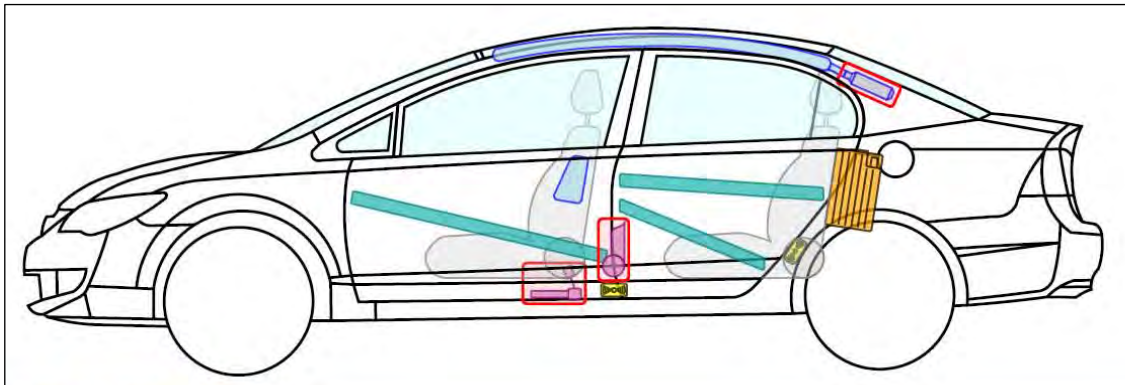
- Ook na deactiveren van het aandrijfsysteem blijven er in de auto diverse componenten die tijdens de inzet niet beschadigd mogen worden.



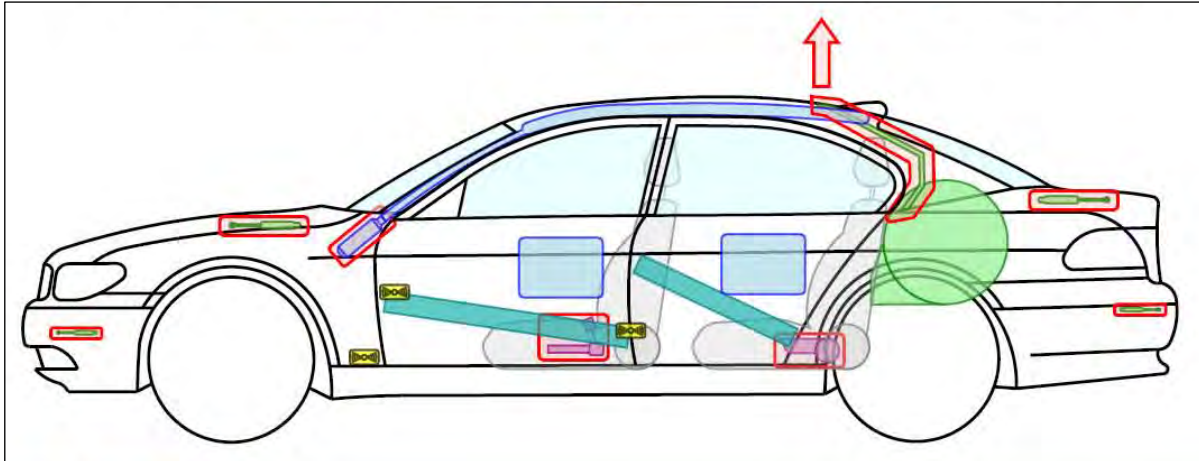
### Let op:

In elke auto bevinden zich componenten die nooit beschadigd mogen worden bijvoorbeeld gasgeneratoren van airbags, brandstoftanks maar ook hoogspanningsaccu's, hoogspanningsleidingen, gastanks en gasleidingen. Het Crash Recovery System levert waardevolle informatie over alle inbouwlocaties van alle relevante componenten.

- De volgende aandrijfcomponenten mogen **nooit** beschadigd worden:
  - Hoogspanningsaccu's
  - Hoogspanningskabels
  - Brandstoftanks
  - Gastanks
  - Gasleidingen



**Afbeelding 33: Honda Civic Hybrid (IMA), de hoogspanningsaccu achter de achterbank mag netzomin beschadigd worden als de gasgenerator van de gordijnairbag of de gordelspanner.**



**Afbeelding 34: BMY Hydrogen7, de gastank en afblaasleiding in de C-stijl mag absoluut niet beschadigd worden. Hetzelfde geldt hier ook voor de gasgeneratoren en de gordelspanners.**



### Let op:

Hoogspanningskabels (> 60 V) kunnen aan hun oranje kleur herkend worden.

- Wanneer de hoogspanningsaccu beschadigd wordt kan lekkage van elektrolyt optreden. Elektrolyt is een bijtende alkalische vloeistof in geleivorm en is schadelijk voor het

menselijk weefsel. Draag daarom bij lekkage altijd persoonlijke beschermingsmiddelen. De inbouwlocatie van de hoogspanningsaccu indien mogelijk vermijden!

## 8.8. Autobranden

- De reeds vermelde procedures (8.1. t/m 8.7.) en overwegingen gelden ook voor autobranden.
- Zodra bij een autobrand vlammen uit het interieur van de auto slaan kan men er van uitgaan, dat de auto onherstelbaar beschadigd is. In de regel is het niet lonend, om risico's te nemen in het geval van een **total-loss**.
- Autobranden brengen een scala aan risico's en gevaren met zich mee voor hulpverleners:
  - Activering van airbags, rondvliegende onderdelen.
  - Ontploffende autobanden.
  - Knallen van gasgevulde dempers.
  - Reacties van water met lichtmetaal (magnesium).
  - Wegrollen van de auto.
- De maatregelen voor brandbestrijding dienen derhalve **grondig** en met inachtneming van voldoende veiligheidsafstand ondernomen te worden (volledige worplengte van de straal benutten). Gebruik van ademlucht is verplicht!
- Maatregelen voor brandbestrijding dienen schuin voor de auto gestart te worden!
- Veiligheidsafstanden zijn juist bij autobranden met auto's voorzien van alternatieve aandrijving belangrijk.



**Afbeelding 35: Autobrand met een hybride auto van het type Toyota Prius. De auto is onherstelbaar verwoest, het is niet lonend om risico's te nemen!**



**Let op:**

Bij alle auto's met gasaandrijving bestaat het gevaar van steekvlammen door het plotseling activeren van de thermische beveiliging, overdrukmembraan of overdrukventiel.



**Let op:**

Wanneer de beveiliging van een gastank is geactiveerd, de brandende gas uitstroom niet blussen. De gastank koelen en zorgen voor voldoende afstand en dekking. Brandend gas kan niet exploderen! Ter vermindering van uitbreiding omgeving en auto koelen.



**Let op:**

Bij de brandbestrijding de voorgeschreven blusafstanden voor voltages tot 1000 V aanhouden.



**Let op:**

Tijdens brand in hoogspanningsaccu's bestaat het risico op heftige reacties. Voor de brandbestrijding zijn grote hoeveelheden bluswater nodig.



**Let op:**

Beschadigde hoogspanningsaccu's ook bij een interne brand nooit openen of beschadigen -kans op elektrische schokken! Een effectieve bestrijding van brand in de accu is niet mogelijk, de accu daarom gecontroleerd laten uitbranden!



**Let op:**

Na afronding van de bluswerkzaamheden dient de auto (voor zover mogelijk) gedeactiveerd worden met behulp van de procedures vermeld in het Crash Recovery System.

## 8.9. Auto te water

- De reeds vermelde procedures (8.1. t/m 8.7.) en overwegingen gelden ook voor auto's die zich geheel of gedeeltelijk in het water bevinden.
- Op grond van de opbouw van het hoogspanningscircuit bestaat bij hybride- en elektrische auto's geen risico op elektrische schokken veroorzaakt door aanraken van de carrosserie.



**Let op:**

Na bergen van de auto, water laten uitlekken uit het interieur voordat verdere maatregelen genomen worden.



**Let op:**

Na afronding van de bergingswerkzaamheden dient de auto (voor zover mogelijk) gedeactiveerd te worden met behulp van de procedures vermeld in het Crash Recovery System.

## 9. Suggesties voor opleidingen

- Een specifieke wens van veel brandweerkorpsen en hulpverleners is de onderwerpen “Nieuwe Voertuigtechnologie” en “Alternatieve aandrijvingen” ook tijdens de praktijk oefeningen te integreren. Alleen de implementatie van de opgedane kennis in scenario’s tijdens het praktisch oefenen zorgt ervoor, dat nieuwe theoretische kennis ook daadwerkelijk tijdens de hulpverleningssituaties volledig benut wordt en tot zijn recht komt. Wanneer tijdens oefeningen dus niet alleen de technische bijzonderheden van nieuwe auto’s op de voorgrond dienen te staan, maar vooral de Technische Hulpverlening zelf en de teamwork in de praktijk, dan is het volgens ons zeer goed mogelijk om oude sloopauto’s toe te passen en als “nieuw” in te zetten.
- Om dit uit te voeren, kan men bijvoorbeeld het gewenste automodel uit het Crash Recovery Systeem selecteren en vervolgens het oude oefenauto met magneetlabels van airbags, accu’s en gordelspanners te voorzien overeenkomstig de inbouwlocaties die de geselecteerde CRS afbeelding aangeeft.

### 9.1. Airbagmarkeringen aanbrengen, airbags „inbouwen“



Afbeelding 36: Naderhand aangebrachte markering van een gordijnairbag



Afbeelding 37: Naderhand aangebrachte airbags voor bestuurder en passagier

- De locaties van de airbags kunnen worden geïdentificeerd door etiketten of stickers te gebruiken die met woorden zoals airbag, SRS of IC "Inflatable Curtain" (gordijnairbag) van letters worden voorzien. Het is ook mogelijk om het voertuig met geactiveerde airbags voor te bereiden. Verwijder alleen het kussen van een geactiveerde airbag en plaats het in het oude voertuig om de aanwezigheid ervan te simuleren. Het is vrij eenvoudig om het kussen in het dashboardkastje van het oude voertuig te klemmen.

## 9.2. Accu "inbouwen"

- De magneet met accusymbool van de magneetlabelset van Moditech Rescue Solutions B.V. kan ook worden gebruikt om de locatie(s) van eventuele accu's aan te duiden, zelfs wanneer de echte accu al is verwijderd. Door het platte materiaal van dit accumodel is het zelfs mogelijk om de accu onder stoelen of in de kofferbak te plaatsen. Wanneer men oefent met het ontzetten van het slachtoffers, zou de accu van het voertuig altijd als deel van de voertuigvoorbereiding moeten worden gedeactiveerd.



Afbeelding 38: Accu-dummy in de bagageruimte van de auto

## 9.3. Alternatieve aandrijving "monteren"

- Een ander idee is het voertuig te voorzien van enkele kenmerken van een alternatieve aandrijving om hulpverleners te trainen op het signaleren en lokaliseren van hybride componenten. Een mogelijke optie is om enkele oranje 'hoogspanningskabels' aan de onderzijde van het voertuig te bevestigen. De hybride "labels" kunnen op gebruikelijke locaties op de auto tevens worden bevestigd om de herkenning te bevorderen.



Afbeelding 39: Naderhand aangebrachte hoogspanningskabel onder de bodemplaat

## 9.4. Voertuigidentificatie mogelijk maken

- Verder is het de bedoeling dat de cursisten tijdens de oefening het voertuig moeten kunnen identificeren als zijnde het gewenste type, enerzijds door het bevestigen van logo's van de fabrikant door middel van magneetlabels en anderzijds door mondelinge informatie van de instructeur. Een handmatige selectie van het voertuig is goed mogelijk te maken door bijvoorbeeld merkemblemen en modelbenoemingen op het voertuig met een markeerstift aan te brengen.
- In landen waar het voertuig kan worden geselecteerd door middel van het kenteken of chassisnummer is het mogelijk om de gewenste kentekengegevens op de sloopauto te bevestigen.
- Een kenteken magneetlabel kan aan de voorzijde en achterzijde worden bevestigd om snelle identificatie van elk gewenst automodel mogelijk te maken.



**Afbeelding 39: Kenteken magneetlabel**

- Een sticker met het gewenste chassisnummer kan worden geplaatst op de hoek van het zijscherm of aan binnenzijde van de deur ter plaatse van de B-stijl.



**Afbeelding 40: Chassisnummer label**

Nadat de cursisten het juiste voertuig hebben geïdentificeerd en zich bewust zijn van alle gevaren en beperkingen die het type auto met zich meebrengt, kan de oefening verder praktisch worden uitgevoerd alsof de auto met al deze moderne componenten is uitgerust. Deze oefeningen kunnen zijn:

- ...het stroomloos maken van het voertuig wanneer de accu is gelocaliseerd en gedeactiveerd.
- ...het aandrijfsysteem (voorbeeld hybride voertuig) identificeren en deactiveren volgens de juiste deactiveringsprocedure.
- ...het handhaven van een veilige werkafstand van nog actieve airbags.
- ...selecteren van de beste kniplocaties in het voertuig, gebaseerd op locaties van carrosserie verstevigingen, gordelspanners, hoogspanningskabels en gascilinders.

Wanneer hulpverleners trainen met de ideeën zoals hierboven vermeld, trainen zij niet alleen het toepassen van de juiste voertuiginformatie uit het CRS, maar oefenen tevens hoe de gepresenteerde informatie zo efficiënt mogelijk kan worden gecommuniceerd aan de collega's ter plaatse.



Het is in dit verband wellicht ook nuttig om de magneten van de magneetlabelset of de markeerstiften te benutten om de belangrijkste informatie aan alle hulpverleners door te geven zonder de noodzaak van veel verbale communicatie.

De CRS magneetlabels en de kentekenmagneetlabels zijn te bestellen via [onze webshop](#).

Nog meer ideeën voor hulpverleningstraining? Laat het ons weten door te mailen met [training@moditech.com](mailto:training@moditech.com)

## Bijlage A: Symbolen in het Crash Recovery System

### Gevarenzone

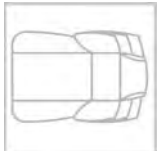


Gevarenzone  
De **rood omlijnde** componenten geven zones aan waar zich componenten bevinden die een risico opleveren tijdens de reddingswerkzaamheden.

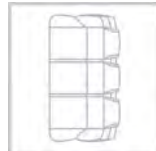


Gevarenzone bestuurders- en passagiersairbag  
De **rood omlijnde** bestuurders- en passagiersairbags geven zgn. tweetraps airbags aan die na de ontsteking van de eerste trap nog een risico op kunnen leveren tijdens de reddingswerkzaamheden.

### Stoelen



Voorstoel bovenaanzicht



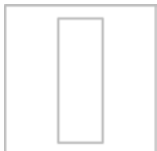
Achterbank bovenaanzicht



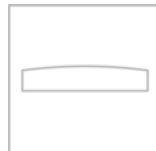
Voorstoel / achterbank zijaanzicht



Vrachtwagenstoel zijaanzicht

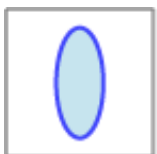


Vrachtwagenbed bovenaanzicht

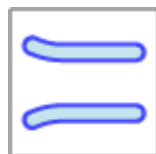


Vrachtwagenbed zijaanzicht

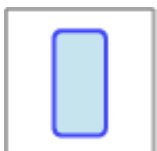
### Airbags



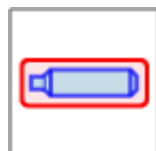
Bestuurders airbag



Gordijnairbag



In het dashboard:  
Passagiersairbag  
In de stoel: Anti-duik airbag



Hogedruk gasgenerator



Zijairbags in de stoelen



Knie-airbag passagier



Zijairbags



Knie-airbag passagier

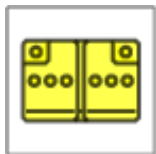
## Elektronica



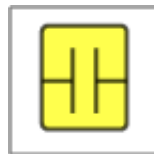
Sensor zijkant/voor



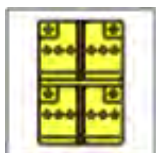
Sensor zijkant/voor  
(mechanisch)



Accu



Back-up accu



Vrachtwagen accu



Start/Stop knop  
motoruitschakeling



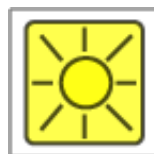
SRS regeleenheid



Hoofdschakelaar accu



Stoel bezettingssensor

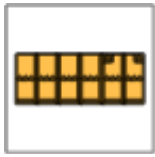


Gas waarschuwingsindicator



Xenon verlichting

## Elektronica > 30 V



Accupakket



Hoogvoltage stroomkabel



Ultra-condensator



Service/Nood  
deactiveringsschakelaar



Zekeringkast

## Gordelspanner



Gordelspanner



Gordelslotspanner of  
heupgordelspanner

## Diversen



Cilinder ter ondersteuning van  
motorkap of achterklep



Kabine ondersteuning



Automatische rolbeugel



Chassisvering



Waterstof ontlastklep  
(Pijl geeft ventilatierichting weer)



Luchtsysteem



Brandstofcel module



Stuurkolom-verstelling



Motorkap opening



Brandstoftank



Motorkap opening



Brandstoftank



Bagageruimte opening



Gastank  
(CNG, LPG, Waterstof)



Grill opening



Veiligheidsventiel



Stoelverstelling



Voetgangersbeschermings-  
systeem

### Verstevingen



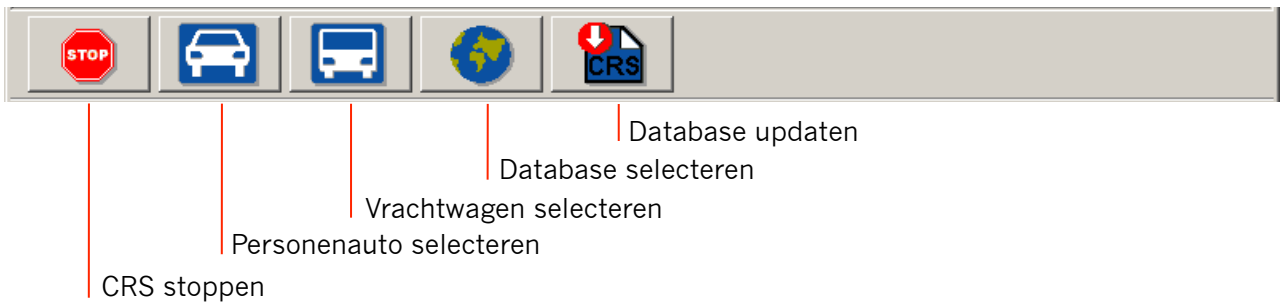
Verstevigingscomponenten in carrosserie

### Ruiten




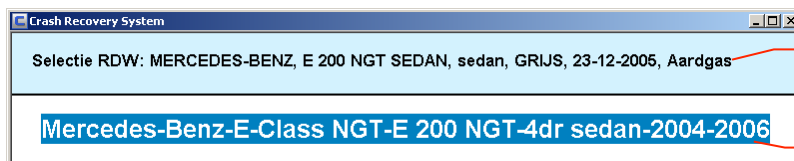
Ruiten, glas of kunststof, gehard of gelaagd

## Bijlage B: Korte handleiding Crash Recovery System



### Voertuigselectie

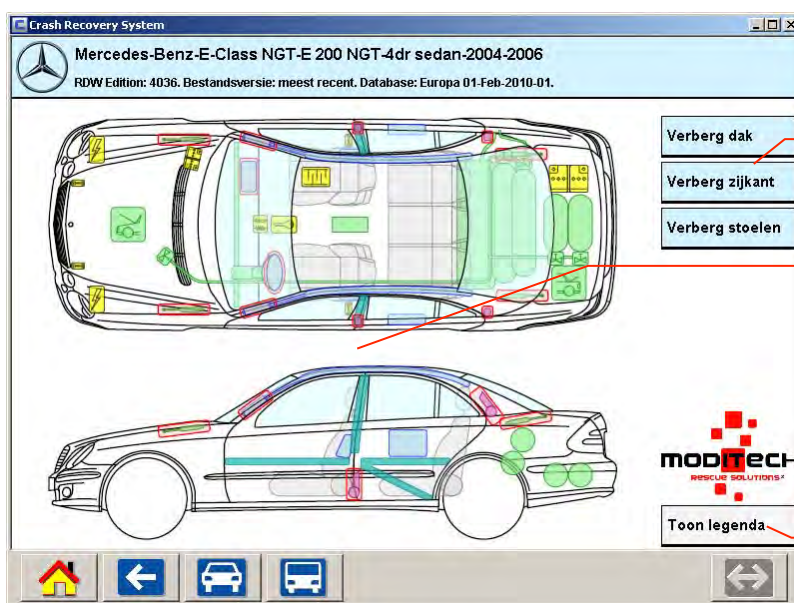
1. Klik op de knop “Nieuwe personenauto”  om een nieuw document te openen en een voertuig te selecteren.
2. Klik op de knop “Kenteken selectie”  om de voertuigselectie uit te voeren met behulp van het kenteken.
3. Kenteken invoeren. Met de toets “Backspace” wordt het laatst ingevoerde karakter gewist.  Met de toets “Clear all” wordt de complete invoer gewist.
4. Klik op de “RDW knop”  nadat het kenteken van het voertuig ingevoerd is. Het kenteken wordt opgevraagd bij de Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW). Er wordt een zo nauwkeurig mogelijke modelselectie gemaakt uit de CRS database. Het selectieresultaat wordt getoond in het volgende scherm.



Omschrijving zoals geregistreerd bij het RDW

CRS voertuigselectie






5. CRS voertuigselectie (zie boven) selecteren zodat direct de interactieve afbeelding van het betreffende voertuigmodel, het CRS informatieblad verschijnt:



Toon/verberg dak, zijkant en/of stoelen

Interactieve CRS afbeelding. Alle componenten kunnen worden geselecteerd waarna een beschrijving en deactiveringsprocedure (indien nodig) wordt getoond. Klik op de knop „X” om het informatievenster te sluiten

Toon/verberg legenda

1. Klik op de knop “Nieuwe personenauto”  om een nieuwe personenauto te selecteren.
2. Wanneer geen kentekenbevraging mogelijk is, klik op de knop “Handmatige selectie”  om de voertuigselectie uit te voeren met behulp van merk, type, carrossievorm en bouwjaar van het voertuig. Deze functionaliteit is standaard in alle edities aanwezig.
3. Klik op de knop “Volgend document”  om te wisselen tussen actieve documenten. Na openen van het eerste document is deze knop inactief omdat slechts 1 document geopend is. Na openen van een volgend document is de knop actief.
4.  Met de knop “Home” kunt u terug naar het beginscherm van het personenauto document. Klik op de knop “Document afsluiten”  om het actieve document af te sluiten. Afhankelijk van het aantal geopende documenten komt men automatisch terug in het openingsscherm of het voorgaande document.

## Bijlage C: Inzetscenarios voor praktisch oefenen

### Scenario 1: Achteraanrijding met een LPG auto, LPG tank beschadigd.

#### Situatie:

Aan het eind van een file is een bestelwagen achterop een personenauto gereden. De personenauto is aan de achterzijde zwaar beschadigd. De zich in de bagageruimte bevindende LPG-tank is door de aanrijding beschadigd en daardoor is een gaslek ontstaan. De bestuurder kon zichzelf in veiligheid brengen, hij zit op de vluchtstrook en klaagt over nek- en rugpijn.

#### Overzicht van de oefening:

- Oefenauto van de sloop, indien mogelijk met achterschade
- Kentekenplaat met kentekennummer van een LPG auto
- Sissende LPG tank
- Explo-Trainer waarmee explosiegevaar in de buurt van de personenauto gemeten wordt

#### Leerdoelen:

- Eerste hulp voor slachtoffers
- Identificatie van auto en herkennen van alternatieve aandrijving, in dit geval LPG als brandstof (CRS)
- Controleren of airbags zijn geactiveerd tijdens het ongeval
- Gaslek vaststellen en mogelijke risico's ervan inschatten
- Maatregelen nemen ter reductie van brand- en explosiegevaar
- Voorkomen dat de auto wegrolt
- Aandrijfsysteem deactiveren (CRS)
- Gaslek dichten, sluiten van mechanische afsluitklep (CRS)

### Scenario 2: Hybride auto gekanteld na aanrijding, geen airbag geactiveerd.

#### Situatie:

Een hybride auto is van de weg afgeraakt en is daarbij gekanteld. Doordat de auto tegen een boom aan rolde is deze niet op de kop geraakt.

#### Overzicht van de oefening:

- Oefenauto van de sloop, indien mogelijk met achterschade
- Kentekenplaat met kentekennummer van een elektrische auto.
- Hybride label op de auto
- Hoogspanningskabel onder de bodemplaat bevestigd
- „Hoogspanningsaccu“ in de auto gemonteerd

#### Leerdoelen:

- Identificatie van auto en herkennen van alternatieve aandrijving, in dit geval elektrisch (CRS)
- Controleren of airbags zijn geactiveerd tijdens het ongeval
- Gaslekkages uitsluiten
- Voorkomen dat de auto wegrolt
- Aandrijfsysteem deactiveren (CRS)
- Aanvalsplan uitzetten (CRS, CRS magneetset)



## Bijlage D: Show-and-tell checklist

### Aardgas- of LPG auto's

- Voertuigidentificatie via kenteken
- AUTO-Regel
- Identificatie van de gevaren en risico's
  - Gastank in de auto
- Identificatie van de componenten met behulp van CRS
  - Gastanks
  - Veiligheidskleppen
  - 12 Volt accu
- Demonstratie werkingwijze van een mechanische afsluitklep
- Aanvalsplan uitzetten
- **Hybride- of elektrische auto's**
- Voertuigidentificatie via kenteken
- AUTO-Regel
- Identificatie van de gevaren en risico's
  - Motorstatus
  - Accu
  - Actief aandrijfsysteem
- Identificatie van de componenten met behulp van CRS
  - Start/Stop-knop, Ready-Indicator
  - Hoogspanningsaccu
  - Hoogspanningsleidingen
  - Zekeringkast
  - Service-/noodschakelaar-/kabel
  - 12 V accu
- 12 V accu loskoppelen bij ingeschakeld aandrijfsysteem
- Hoogspanningscircuit meten
- Demonstratie van de deactiverings stappen
- Aanvalsplan uitzetten