Feuerwehreinsätze Elektrofahrzeuge – Brennstoffzelle







FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Vorbemerkungen I

- Diese Unterlagen stellen eine weitergehende Information zu den Rettungsdatenblättern des Opel HydroGen4 und des Chevrolet Equinox Fuelcell dar und sollen zur Förderung des Verständnisses für die besonderen Einsatzbelange bei Elektrofahrzeugen beitragen. Zum Erwerb fundierteren Wissens wird eine Teilnahme an Lehrgängen zu diesem Themenkreis empfohlen.
- Diese ergänzenden und unverbindlichen Informationen ersetzen in keinem Fall eine fundierte Ausbildung in den grundlegenden Themen TH-VU und Brandbekämpfung nach den entsprechenden Dienstvorschriften. Insbesondere das Grundwissen zur Technischen Hilfeleistung Verkehrsunfall (TH-VU) und der Brandbekämpfung aus der Truppmannausbildung (FwDV 2/2) sowie weiteren einschlägigen Feuerwehrdienst-vorschriften (FwDV) ist Voraussetzung. Eine weitergehende Ausbildung im Bereich TH-VU ist von Vorteil.
- Diese Präsentation wurde vom Fachbereich für Alternative Antriebe der Adam Opel AG unter Mitwirkung der Werkfeuerwehr der Adam Opel AG, Werk Rüsselsheim, erstellt.





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Vorbemerkungen II

 Die in dieser Präsentation genannten Empfehlungen sind primär unter dem Gesichtspunkt der Erreichung des Einsatzzieles von Hilfsorganisationen – Rettung von Menschenleben und Brandbekämpfung – zu sehen und stellen keine allgemeinen Regeln zum Umgang mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen dar.





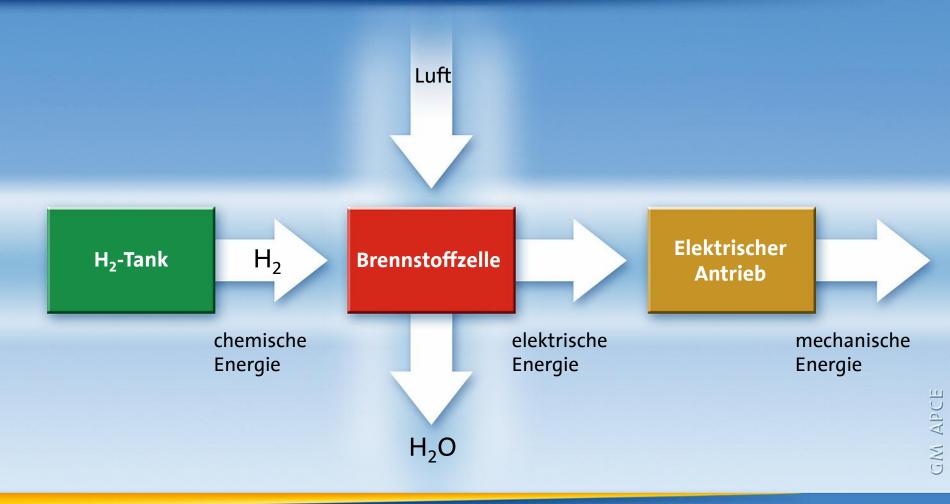
FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Einleitende Erklärungen

- In Proton-Exchange-Membrane-Brennstoffzellen (PEM) reagiert Wasserstoff mit (Luft-)Sauerstoff zu Wasser
- Bei dieser Reaktion wird elektrische Energie freigesetzt
- Eine einzelne Zelle hat je nach Belastungszustand eine Spannung von ~550 mV (bei max. Last) bis ~900 mV (unbelasteter Zustand)
- Mehrere Zellen werden zu einem Stapel zusammengefasst (Brennstoffzellenstapel, fuel cell stack)
- Beispiel Opel HydroGen4:
 440 Zellen elektrisch in Reihe geschaltet ergeben eine Spannung von max. 400 V
 bei einer max. Stromstärke von 400 A





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Brennstoffzellen-Antriebssystem







FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Medium Wasserstoff

Wasserstoff ist:

- Das leichteste der chemischen Elemente, damit deutlich leichter als Luft
- Farb- und geruchloses Gas
- Ungiftig
- Verbrennt an Luft mit kaum sichtbarer, bläulicher Flamme zu reinem Wasser
- UN-Nummern
 - Druckwasserstoff: 1049
 - (Tiefkalter, flüssiger Wasserstoff: 1966)





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Medium Wasserstoff - Nachweismöglichkeiten

Nachweismöglichkeit:

- Austritt aus einer Leckage ist durch ein zischendes Geräusch feststellbar
- Nachweis mit Ex-Messgerät.
 <u>Achtung!</u> Diese Geräte sind i.d.R. auf die Kohlenwasserstoffverbindungen Nonan oder Heptan kalibriert.
- Eine im Ex-Messgerät angezeigte Warnschwelle bezogen auf UEG entspricht in der Realität einer deutlich geringeren H₂-UEG
 (z.B. 100% angezeigte UEG entsprechen bei einem bestimmten Gerätetyp ~20% realer H₂-UEG)
- Daher unbedingt die Dokumentation zum jeweiligen Messgerät beachten!
- Photo-Ionisations-Detektoren (PID) erlauben bedingt durch ihr Funktionsprinzip eine direkte Bestimmung der Wasserstoffkonzentration, d.h. beim PID ist der angezeigte Wert der reale Wert!





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Druckwasserstoff-Speichersystem I

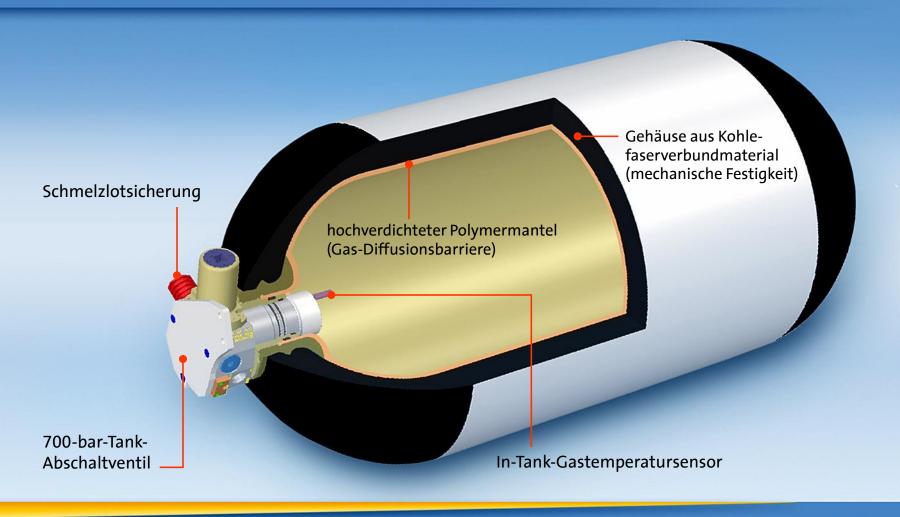
- Der Wasserstoff wird i.d.R. in Hochdrucktanks mitgeführt
- Diese Tanksysteme haben einen Nominaldruck von bis zu 700 bar
- Im Wasserstoffsystem sind architekturbedingt i.d.R. zwei bis drei Druckstufen
- Die beiden höheren Druckstufen (Hochdruck bis 700 bar; Mitteldruck ~30 ... 50 bar) sind i.d.R. nur direkt im Tankbereich vorhanden





GM APCI

FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Druckwasserstoff-Speichersystem II







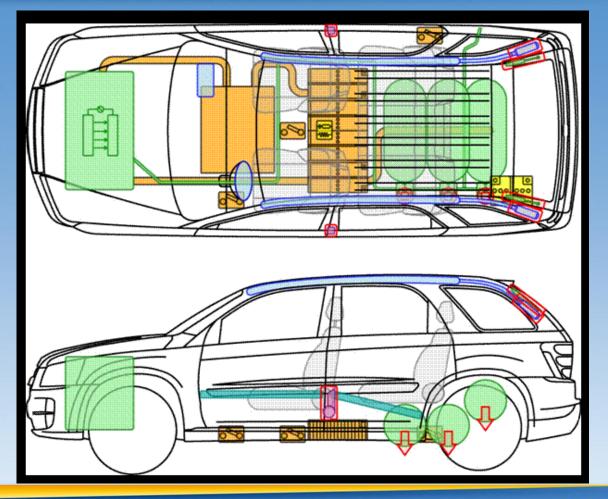
FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Merkmale Speichersysteme (herstellerübergreifend)

- Tanksysteme (Behälter, Ventile, Druckregler und Leitungen) sind i.d.R. im Unterboden oder Kofferraum im crashgeschützten Bereich installiert
- Tanksystem besteht i.d.R. aus mehreren Druckzylindern mit separaten Hochdruckventilen.
- Tank-Nominaldruck steht i.d.R. nur im unmittelbaren Bereich der Tankbehälter und Füllleitung an (GM/Opel max. 700 bar Systemdruck)
- Druck der Versorgungsleitung des Brennstoffzellensystems typ. <= 10 bar (GM/Opel: 8 - 10 bar)
- Elektromagnetische Ventile im stromlosen Zustand immer geschlossen (fail-safe)
- Einzelne Druckbehälter haben i.d.R. keine manuellen Absperrorgane
- Thermische Sicherung (TPRD = thermal pressure release device) zum Schutz vor Druckbehälterzerknall bei massiver Erwärmung / Brandeinwirkung





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Konstruktive Merkmale **Opel HydroGen4**







FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Einsatzgrundsätze Unfallhilfe

Grundsätzlich gelten die Empfehlungen für die Unfallhilfe in Verbindung mit Elektrofahrzeugen!

- Einschneiden in Wasserstofftank und Leitungen im unmittelbaren Bereich des Wasserstofftanks verboten!
- Einschneiden in Wasserstoffleitung außerhalb des Tankbereiches vermeiden

Bei Wasserstoffaustritt (massives Ausströmungsgeräusch):

- Durch physikalische Eigenschaften nur in unmittelbarer Nähe der Austrittsstelle deutlich erhöhte Wasserstoff-Konzentrationen
- Ex-geschützte Ausrüstung verwenden
- Verdünnen durch Einsatz von Hochleistungslüftern aus sicherer Entfernung





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Einsatzgrundsätze Brandbekämpfung I

Grundsätzlich gelten die Empfehlungen für die Brandbekämpfung in Verbindung mit Elektrofahrzeugen!

Szenario: Entstehungsbrand (auch Tankbereich) oder ausgedehnter Brand (Tankbereich nicht direkt betroffen)

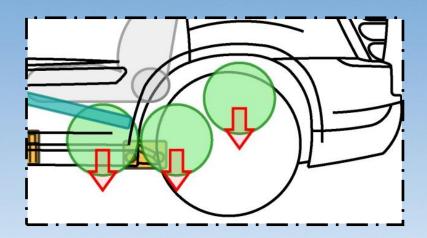
- Empfohlene Taktik: <u>Angriff</u>
- Brandbekämpfung mit üblichen Löschmitteln, im Tankbereich vorzugsweise <u>Wasser-Sprühstrahl</u>
- Nach Ablöschen des Brandes Tankdruckbehälter mittels Wasser-Sprühstrahl kühlen
 - Achtung: <u>Erhöhter Löschwasserbedarf!</u>

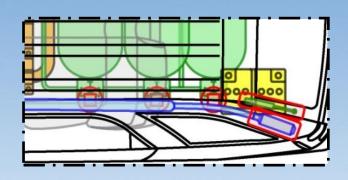




FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Einsatzgrundsätze Brandbekämpfung II

- Jeder Druckbehälter verfügt über eine eigene thermische Sicherung
 (TPRD, Ansprechtemperatur ca. 110 °C, Dauer der Tankentleerung: nom. 2 Min.)
- Abblasrichtung: nach unten (weg vom Fahrzeug)









FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Einsatzgrundsätze Brandbekämpfung III

Szenario: Massiver Vollbrand oder ausgedehnter Brand (Tankbereich betroffen)

- Empfohlene Taktik: Verteidigung/Abriegeln
- Keine Löschversuche im Tankbereich vornehmen (vgl. Gasbrand)!
- Kontrolliertes Abbrennen, da keine Unterbrechung des Gasstromes möglich (vgl. Gasbrand oder Brand CNG-Fahrzeug)
- Aus Deckung heraus Brandausbreitung auf andere Objekte verhindern (<u>erhöhter</u> <u>Löschwasserbedarf</u>)





FW-Einsätze Elektrofahrzeuge - Brennstoffzelle Zusammenfassung

 Einsätze mit/an Fahrzeugen mit Wasserstoff-Drucktanks unterscheiden sich nicht grundsätzlich von Einsätzen an Fahrzeugen mit Erdgas-/CNG-Drucktanks

Neu hinzugekommen sind:

- Schneiden in Wasserstofftank verboten
- Schneiden in Wasserstoffleitungen / -Komponenten außerhalb des Tanks vermeiden
- <u>Wasser-Sprühstrahl</u> als bevorzugtes Löschmittel im Bereich des Tanksystems;
 <u>Schaum</u> vorzugsweise für Reifen und Kunststoffteile
- Tank während und nach Wärmebeaufschlagung kühlen (erhöhter Löschwasserbedarf)









