

- ▶ Kanalschächte abdecken (Flüssiggas)
- ▶ geschlossene Räume lüften. Fahrzeuge, wenn möglich, herauschieben, nicht starten
- ▶ Fahrzeugteile mit Wasser kühlen

5.2 Elektro-, Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeuge

Da sich die Gefahren bei Elektro-, Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeugen im Feuerwehreinsatz signifikant von den Gasfahrzeugen unterscheiden, wurde diesen Antriebsarten ein eigenes Kapitel gewidmet.

Hinweis Brennstoffzellenfahrzeuge: Die Gefahren der Einsatzstelle in Bezug auf Wasserstoffaustritt wurden im Kapitel 5.1. bereits betrachtet; daher gelten für die Brennstoffzellenfahrzeuge zusätzlich die Gefahren des Elektroantriebes, die mit diesem Kapitel hiermit ebenfalls abgedeckt werden.

■ Absturz

Batterieanlagen teilweise nicht mehr erreichbar

Insbesondere bei Nutzfahrzeugen, hier v.a. bei O-Bussen, aber mittlerweile auch bei einigen LKW aus den Versuchsstrecken mit Oberleitungen z.B. an Autobahnen, können Stromabnehmer und größere Batterieanlagen auf dem Dach bzw. hinter dem Führerhaus so angebracht sein, dass sie vom Boden aus nicht mehr erreichbar bzw. durch Unfallfolgen vielleicht nicht mehr (not-)bedienbar sind.

Bei Nutzfahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb können sich Gastanks in größeren Höhen, z.B. auf dem Dach des Linienbusses, angebracht sein.

Muss dort gearbeitet werden, müssen geeignete tragbare Leitern, Arbeits- bzw. Rettungsplattformen oder auch Hubrettungs- bzw. -arbeitsgeräte eingesetzt werden, um dort überhaupt hinzukommen.

Für das Arbeiten auf dem Dach dieser Fahrzeuge sind die einschlägigen Maßnahmen der Absturzsicherung zu beachten.

■ Atemgifte

Atemgifte entstehen, wenn, wie in Punkt „Ausbreitung“ beschrieben, die Zellen auf Grund einer chemischen Reaktion mit der Ausgasung beginnen und über die Druckentlastungsöffnungen in die Umluft entweichen.

Folgende Atemgifte können in unterschiedlichen Gasanteilen auftreten:

- ▶ H_2 (Wasserstoff)
- ▶ CO_2 (Kohlenstoffdioxid)
- ▶ Kohlenstoffmonoxid (CO)
- ▶ Methan (CH_4)
- ▶ Propan/Butan

Dieses Gasgemisch wirkt reizend und ätzend auf die Atemwege und sollte daher nicht eingeatmet werden.

Maßnahmen:

Für Einsatzkräfte im Gefahrenbereich ist die volle persönliche Schutzausrüstung inkl. Atemschutzgerät zu tragen. Dies gilt auch im Freien, da auch hier insbesondere mit einer weiteren Gefahr (Brandentstehung und ggf. einer Durchzündung) zu rechnen ist.

In geschlossenen Räumen sollte nicht nur eine Ex-Messung, sondern ebenso eine Sauerstoffkonzentrationsmessung durchgeführt werden.

Bei einem Fahrzeugbrand kommen giftige Rauchgase als Atemgift hinzu. Beim Abbrand von Hochleistungsbatterien wie z.B. Lithium-Ionen-Zellen kommen noch weitere Schadstoffe hinzu, die nicht eingeatmet werden dürfen. Aus den USA liegen dazu bereits einige Berichte zu verletzten Einsatzkräften auch in größerem Abstand vor, vgl. Abb. 139.

Mögliche Atemgifte

Maßnahmen

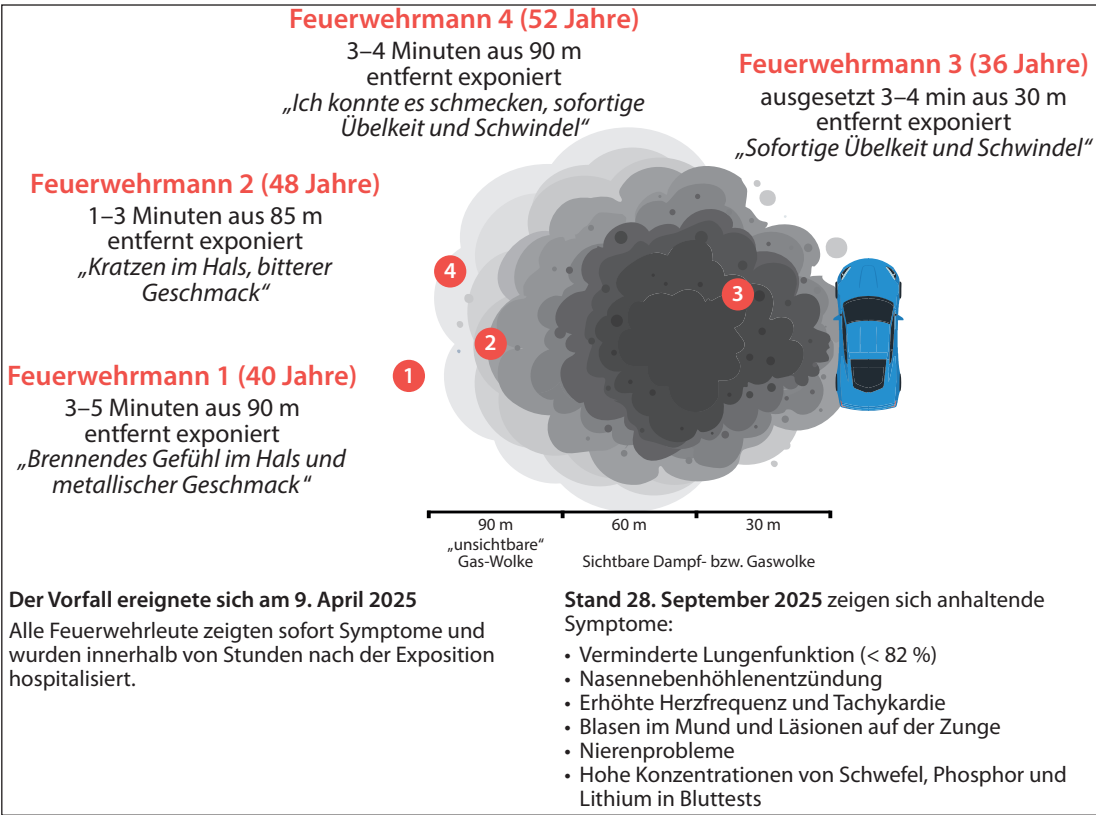


Abb. 139: Unfälle mit Elektrofahrzeugen können dazu führen, dass Gase austreten, die bei Feuerwehrleuten Atemwegsverletzungen verursachen. (Quelle: KI-generiert, nach einer Idee von evfrcsafe.com bzw. evfrcsafe.training)

Kontaminierte PSA ist einzusammeln und zu reinigen.

■ **Ausbreitung**

Fehlendes Motoren-
geräusch birgt Ge-
fahren

Die Besonderheit bei Elektro-, Hybridfahrzeugen (Hybride nur im elektrischen Modus) und Brennstoffzellenfahrzeugen ist, dass sie kein Motorengeräusch aufweisen, aber dennoch aktiv sein können. Dies führte bei gesteigerter Anzahl an Elektro- und Hybridfahrzeugen im Straßenverkehr zu vermehrten Verkehrsunfällen mit Fußgängern, da es für die Straßenverkehrsteilnehmer ungewohnt war, kein Fahrzeug zu hören. Ein Gesetz von Juni 2020 verankerte daher, dass Neufahrzeuge mit einem elektrischen Antrieb beim Anfahren bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h sowie bei Rückwärtsfahrten ein Warngeräusch (sog. Acoustic Vehicle Alerting Systems, kurz AVAS) erzeugen müssen. Bei Geschwin-

digkeiten über 20 km/h genügt das Abrollgeräusch der Reifen, da diese dann lautstark genug sind. Ab Juli 2021 müssen alle neu zugelassenen Elektrofahrzeuge mit AVAS ausgerüstet sein; dies schreibt nun die aktuelle EU-Verordnung 540 vor.

Bei den Hybridfahrzeugen kommt hinzu, dass der Verbrennungsmotor sich automatisch einschaltet, wenn der Ladezustand der Batterie sich dem Ende neigt. Die Hochvoltbatterie schützt sich damit im Fahrbetrieb vor einer Tiefentladung (schädlich für einen Lithium-Ionen-Energiespeicher). Dies muss im Einsatz beachtet werden. Abhilfe schafft auch hier die Abschaltung des Antriebs („Zündung aus!“).

Verbrennungsmotor schaltet sich automatisch ein, wenn der Ladezustand der Batterie sich dem Ende neigt

Darüber hinaus reagieren Lithium-Ionen-Zellen empfindlich auf mechanische Beschädigungen, welche klassischerweise z.B. in Folge eines Verkehrsunfalls eintreten können.

Die Zelle beginnt daraufhin chemisch zu reagieren, wobei die Reaktionsgeschwindigkeit und deren Verlauf stark von Zellbestandteilen, Aufbau und deren Ladezustand abhängig sind. Eine Druckerhöhung durch Gasentstehung innerhalb der Zelle führt in Folge zu einer Öffnung sogenannter Druckentlastungsventile. Sie geben die Gase kontrolliert ins Freie ab. Dabei ist es wichtig zu erkunden, ob sich die Gase in einem schlecht belüfteten Raum bzw. im Freien ausbreiten. (s. Punkt „Explosion“). Die austretenden Gase sind dabei eher leichter als Luft und breiten sich nach oben aus.

Treten Gase in einem geschlossenen Raum aus, können diese u.U. mit einem CO-Warner oder einem Ex-Warngerät entdeckt werden, da in den Gasen nicht nur CO, sondern auch Wasserstoff enthalten sein kann. Die Gaszusammensetzung variiert je nach Batterietyp und kann nie genau vorhergesagt werden, jedoch zeigen Forschungen, dass sich die Gase vor Brandeintritt erst einmal in Bodennähe ausbreiten. Eine weitere Gefahr besteht dann, wenn sich die austretenden Gase im Fahrzeuginnenraum ansammeln.

Austreten von Gasen durch CO-Warner erkennen

Maßnahmen:

Gegen Wegrollen:

- ▶ Zündung ausschalten
- ▶ Feststellbremse anziehen
- ▶ ggf. Gangwahlhebel einlegen oder Automatik in Stufe „P“
- ▶ Radkeile setzen oder anderweitig „sichern“

Maßnahmen

Ausbreitung Gase:

- ▶ Gas mit Hochleistungslüfter verblasen
- ▶ Türen und Fenster schließen
- ▶ Kanalschächte abdecken

■ Chemische Gefahren

Elektrolyt und Leitsatz sind giftig

Liegen Batteriezellen frei und läuft Elektrolyt aus, sollte ein unmittelbarer Kontakt vermieden werden. Der in Batterien enthaltene Elektrolyt und das darin enthaltene Leitsalz sind giftig. Haut- und Augenkontakt können zu schweren Verätzungen führen.

Maßnahmen

Maßnahmen:

- ▶ vollständige PSA, inkl. Atemschutz
- ▶ vor Kontakt mit Batteriebestandteilen: Chemikalienschutzhandschuhe
- ▶ Auslaufendes Elektrolyt mit Chemikalienbinder aufnehmen
- ▶ Brandschutz sicherstellen
- ▶ Hochvoltbatterie nicht öffnen
- ▶ Bei Haut-/Augenkontakt mit reichlich Wasser abspülen und ärztlich versorgen.
- ▶ [Lösungsmittel eines der größten Einsatzprobleme]
- ▶ Experten sehen in den Lösungsmitteln bzw. Leitsalzen eines der größten Probleme bei Feuerwehreinsätzen mit Elektrofahrzeugen (mit Li-Ion) im Brandfall auf Grund seiner Toxizität.

In den meisten Fällen handelt es sich beim Leitsalz um das „Lithiumhexafluorophosphat“ (LiPF_6). In Folge einer thermischen Reaktion entsteht aus dem LiPF_6 ein Zwischenprodukt, Phosphorpentafluorid.



Dieses reagiert mit Wasser (Löschwasser, Luftfeuchtigkeit aus der Umgebung) zu Flusssäure.

