

6 Zusammenfassende Maßnahmen

Nachfolgend werden noch einmal beispielhaft die Abläufe bei einem Verkehrsunfall und einer Brandbekämpfung dargestellt. Dabei wird zwischen Erstmaßnahmen (Basismaßnahmen) und den weiterführenden Maßnahmen unterschieden, die im Gegensatz zu den konventionell angetriebenen Fahrzeugen, darüber hinaus beachtet werden müssen.

6.1 Technische Rettung

■ Erstmaßnahmen bei einem Verkehrsunfall

Die Erstmaßnahmen für die Feuerwehr sind in der Verkehrsunfallrettung unabhängig vom jeweiligen Antrieb zunächst erst einmal alle gleich, denn an der Unfallstelle hat die Sicherheit aller Beteiligten die höchste Priorität.

Die hier aufgeführten Maßnahmen richten sich an die aktuelle vfdb-Richtlinie 06/01 (Stand 03/2020) (vgl. TWB: vfdb Richtlinie 06/01 „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“)

■ Erkundung

Auf der Anfahrt mittels Rettungsdatenblätter/Einsatzleitstelle (vgl. Kapitel 3 Identifizierung des Fahrzeugantriebs).

An der Einsatzstelle Gefährdungsbeurteilung durch den Einsatzleiter. Priorisierung der Gefährdung und Einleitung der Erstmaßnahmen.

Sicherheit aller Beteiligten hat höchste Priorität

vfdb-Richtlinie 06/01

Rettungsdatenblätter

Gefährdungsbeurteilung

(vgl. Kapitel 5, (Besondere) Gefahren an der Einsatzstelle, z.B. Gasaustritt, auslaufende Betriebsstoffe, etc.)

Ausgelöste
Airbags

Daneben sollte ein Blick auf evtl. ausgelöste Airbags geworfen werden. Bei modernen Kraftfahrzeugen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit das Antriebssystem automatisch deaktiviert worden. Dennoch entbinden ausgelöste Airbags die Feuerwehreinsatzkräfte nicht vom vollständigen „Deaktivieren des Antriebs.“

Lage bestätigt: Patient(en) eingeklemmt/eingeschlossen:

Absicherung

Brandschutz



■ Einsatzstelle absichern

1. Verkehrsabsicherung
2. Brandschutz sicherstellen (Atemschutztrupp mit Warngeräten, WBK und 2-fachen Löschangriff bereitstellen)

Hinweis: bei Fahrzeugen mit E-Antrieb empfiehlt sich, einen Atemschutztrupp als Messtrupp einzusetzen. (WBK, CO-Warner, Explosionswarngerät unter laufender Kontrolle!)

Beleuchtung

Fahrzeug sichern

3. Bei Dunkelheit Sicht durch Ausleuchtung sicherstellen
4. verunfallte(s) Fahrzeug(e) **sichern** gegen Wegrollen/Abrutschen/Abstürzen usw. durch:
 - ▶ z.B. Radkeile (kann u.U. entfallen, wenn z.B. Achse weggebrochen, Fahrzeug liegt in Böschung etc.),
 - ▶ Spanngurte,
 - ▶ Mehrzweckzug/Seilwinde,
 - ▶ Behelfsmäßig: Abschleppseil, Feuerwehrarbeitsleine¹ (wenn z.B. auf einem ersteintreffenden TSF nichts anderes verfügbar, schnellstmöglich durch anderes Material zu ersetzen!).

Ausnahmen bilden Einsatzsituationen, bei denen das Fahrzeug zur Befreiung des Patienten noch bewegt werden muss (z.B. Seitenaufprall Baum, Unterfahrunfall etc.).

Die getroffenen Maßnahmen sind im weiteren Einsatzverlauf auf vorhandene Wirksamkeit weiter zu überprüfen.

Erstzugang

5. Erstzugang schaffen

¹ Eine einmal für die technische Hilfeleistung so genutzte Feuerwehrleine (auch als Rettungsleine, Fangleine, Sicherheitsleine bekannt), sollte grundsätzlich nicht mehr als solche weiterverwendet werden. Nur wenn es keine erkennbare Belastung auf sie gegeben hat, kann sie ggf. nach einer Einzelprüfung (z.B. auf Schnitt-/Risschäden, aber auch Verunreinigung durch Öl/Säure) durch den fachkundigen Gerätewart wieder als solche verwendet werden.

6. Fahrzeug deaktivieren und Beurteilung und Erstversorgung des Patienten einleiten.
 - ▶ Feststellbremse anziehen
Auch Feststellbremsen sind von Fahrzeug zu Fahrzeug unterschiedlich. Es kann sich dabei schlicht und einfach um eine „echte“ Handbremse am mittleren Getriebetunnel oder seitlich an der Mittelkonsole oder seitlich unter dem Armaturenbrett neben dem Lenkrad handeln oder um ein Fußpedal im Bereich der Motorhaubenöffnung im seitlichen Fußraum des Fahrers (verbreitet bei Mercedes, aber auch Nissan Leaf), einen Hebel im Armaturenbrett oder eben um eine elektrisch betriebene Feststellbremse, deren Bedienung meist im mittleren Bereich der Mittelkonsole/Getriebetunnel zu finden ist.
 - ▶ Gang einlegen/Automatik in Stufe „P“
Warnblinkanlage einschalten (diese signalisiert den Einsatzkräften eine noch vorhandene Spannung im Fahrzeug. Ist die Warnblinkanlage ebenfalls aus, gilt das Fahrzeug als deaktiviert).
 - ▶ Elektrische Systeme für den Einsatzverlauf zur Entklemmung/zum Schutz des Patienten nutzen, z.B. Sitz-/Lenkradverstellung, Seitenfenster, Schiebedach, Heckklappe und alle Türen öffnen!
Hintergrund Türen öffnen: Vielfach werden bei E-Fahrzeugen Türen von innen elektrisch über einen Taster in der Tür geöffnet (s. Abb. 138). Fällt die Spannungsversorgung ab, können die Türen nur noch mechanisch über eine Notentriegelung, welche in den unterschiedlichsten Lösungen (z.B. mechanischer Türöffner in der Tür (TESLA Model 3), Entriegelungskabel hinter einer Lautsprecherabdeckung (TESLA Model X) oder unter der Rücksitzbank (TESLA Model S)) ausgeführt sein können, geöffnet werden. In Abb. 139 ist ein Beispiel bei einem TESLA Model 3 zu sehen. Die hinteren Türen hier verfügen über keine Notentriegelung (s. Abb. 140, Türen vorher öffnen).



Abb. 138: elektrische Türöffnung (oberste Taste) eines TESLA Model 3. (Quelle: Tanja Hellmann)



Abb. 139: Notentriegelung, mechanische Öffnung der Tür (oberster Hebel) TESLA Model 3. (Quelle: Tanja Hellmann)



Abb. 140: fehlende Notentriegelung in den hinteren Türen eines TESLA Model 3. (Quelle: Tanja Hellmann)

► Zündung überprüfen und ggf. ausschalten

Ein Indiz für ein noch aktives Fahrzeug ist meist eine hellerleuchtete Instrumententafel (s. Abb. 35).

Das Ausschalten der Zündung ist ein elementarer Bestandteil des SICHERNS. Dieser wird häufig vernachlässigt bzw. vergessen, dabei führt das Ausschalten der Zündung zu einer hohen Sicherheit gegen

- ungewolltes Wegrollen/-fahren (s. auch Kapitel Hybridantrieb gegen Wiedereinschalten sichern)
- ungewollte, nachträgliche Airbagauslösung
- ungewollte Brandentstehung durch Kurzschlüsse
- ungewolltes Austreten von Betriebsmitteln (Kraftstoffpumpe wird deaktiviert)
- elektrische Gefährdung (Schließen der Hochvoltschütze, dies lässt sich ggf. an einem typischen „Klacken“ erkennen! Beim Deaktivieren des Fahrzeuges sollte man kurz auf dieses Klacken achten!)

Das Ausschalten der Zündung kann sehr unterschiedlich ausfallen. Es kann sich über einen mechanischen Schlüssel im Zündschloss handeln oder z.B. eben auch um das „Keyless“- (dt. schlüssellos) System, bei dem es ausreicht, dass sich der Fahrzeugschlüssel im Innenraum des Fahrzeuges befindet. Das Fahrzeug erkennt den

Startvorgang jedoch nur, wenn der Fahrer die Bremse (oder bei Schaltwagen, die Kupplung) tritt und den Start/Stopp-Taster (fehlt bei TESLA) betätigt. Bei einem TESLA wird die Bremse getreten und am Schalthebel die Fahrstufe „D“ oder eben „R“ für Rückwärtsfahrten eingelegt. Daher ist es so essentiell den Fahrzeugschlüssel aus dem Innenraum des Fahrzeuges zu entfernen. Es verhindert ein ungewolltes Wiedereinschalten (z.B. weil der Innere Retter dort arbeitet und so evtl. versehentlich auf den Start-Stopp-Taster kommt).

- ▶ KeylessGo-Schlüssel sollten aus dem Fahrzeug entfernt und in einem Umkreis > 5m vom Fahrzeug aufbewahrt werden, um zu verhindern, dass sich Fahrzeuge automatisch wieder einschalten können
- ▶ Batterie(n) lokalisieren und nach Absprache abklemmen

Tip: Um sich nicht erst an der Einsatzstelle mit unterschiedlichen technischen Ausführungen eines Fahrzeuges vertraut zu machen, bietet es sich an, sich Fahrzeuge z.B. im näheren Bekannten-/Kollegenkreis anzusehen und auszuprobieren oder eine Fahrt in ein Autohaus zu organisieren. Vielfach sind Autohäuser hierfür recht zugänglich! Auch YouTube-Videos können sich anbieten.



- ▶ Ggf. zusätzliche Deaktivierungsschritte gemäß Rettungsdatenblätter durchführen (s. Kapitel 6.3)
Sind Zündschlüssel oder die 12-V-Batterie(n) zur Deaktivierung von Elektrofahrzeugen (Elektro-, Hybrid- oder Brennstoffzellenfahrzeuge) nicht zugänglich, sollten die manuellen Deaktivierungsschritte anhand der Rettungsdatenblätter genutzt und eingeleitet werden (s. Kapitel 6.3), um die Fahrzeuge möglichst sicher vollständig zu deaktivieren.
Zu beachten ist allerdings, dass nicht alle manuellen Trennstellen gleichzeitig damit auch die Rückhaltesysteme (Airbags, Gurtstraffer etc.) deaktivieren, da die 12-V-Batterie noch angeklemt ist (sofern nicht durch Unfall zerstört).
- ▶ Die weiteren Maßnahmen hängen nun vom Patientenzustand ab.
- ▶ Beurteilung Patientenzustand und medizinische Betreuung einleiten.
Bei einer Sofortrettung sollten nur die notwendigsten Maßnahmen, die der Befreiung des Patienten dienen, eingeleitet werden (z.B. auf Grund von Kreislaufversagen, Herz-Stillstand, Atemstillstand, etc.).

Einsatz von Rettungsgeräten

Kann der Patient hingegen im Fahrzeug noch medizinisch versorgt werden, können weitergehende Maßnahmen wie Stabilisierung des Fahrzeuges, Planung und Durchführung der technischen Rettung anhand des Verletzungsmusters des Patienten durchgeführt werden.

- ▶ Beim Einsatz von Rettungsgeräten, wie bspw. Spreizer, Schneidgerät, Säbelsäge oder Rettungszylinder, sollte die Lage von folgenden Komponenten bekannt sein:
 - Druckgaskartuschen /-behälter für Airbags
 - Gurtstraffersysteme
 - Gasdruckdämpfer von Kofferraumklappen
 - Verstärkungen, z.B. Seitenaufprallschutz
 - Einscheibensicherheitsglas/Verbundsicherheitsgas/Plexiglas
 - Lage der Kraftstofftanks (Benzin, Diesel, Druckgasbehälter)
 - Hochvoltleitungen
 - Hochvoltspeicher
 - 12-V-Batterie

Besonderes Augenmerk sollte auf einen Hochvoltspeicher in einem Elektrofahrzeug gelegt werden, denn dieser darf mechanisch nicht beschädigt werden (z.B. durch Stauchen, Quetschen oder durch Schneidarbeiten).



Hochvoltenergiespeicher sollten durch Rettungsarbeiten nicht beschädigt werden. Die Lage des HV-Speichers sollte bekannt sein (!)

Dasselbe gilt für die orangefarbenen Hochvoltleitungen. Häufig sind diese zwar in Bereichen des Fahrzeuges untergebracht, in denen die Feuerwehr nicht tätig wird, aber dennoch kann dies nicht zu 100 % ausgeschlossen werden. Die Hochvoltleitungen sollten nicht durchtrennt werden. Auch wenn dadurch keine Gefahr eines elektrischen Schlages für Personen besteht, kann die Durchtrennung einer unter Last stehenden Leitung zu einem Kurzschluss in diesem Bereich führen, was damit zu Funkensprühen und einer Beschädigung des Rettungsgerätes führen kann. Zudem könnten z.B. ausgelaufene, brennbare Flüssigkeiten damit zu einer Brandentstehung führen. (s. Kapitel 4.2.3. Sicherheitseinrichtungen Elektrofahrzeuge).

Die weiterführenden Maßnahmen werden im Anschluss an die Brandbekämpfung in Kapitel 6.3 behandelt, da die manuelle Deaktivierung auch nach einer Brandbekämpfung erfolgen sollte.

6.2 Brandbekämpfung

Um es vorweg zu nehmen: Es gibt keine sinnvolle Einsatzstatistik zu Fahrzeugbränden, die hinsichtlich der Antriebsarten unterscheidet. Tatsächlich werden nur Zahlen festgehalten, wenn ein Fahrzeug Feuer gefangen hat und deren Ursachen.



Abb. 141: Fahrzeugbrand. (Quelle: shangarey – stock.adobe.com)

Der Gesamtverband Deutscher Versicherungsgesellschaften hält hierzu ein paar Zahlen und Daten fest. Pro Jahr kommt es zu 40.000 Fahrzeugbränden, zu denen allerdings auch kleinere Schmorbrände zählen, wie z.B. durch einen Kurzschluss. 15.000 Fahrzeuge brennen hingegen tatsächlich pro Jahr ab. Das sind immerhin knapp 41 Fahrzeuge täglich.

Das Alter eines Fahrzeuges ist ein großer Aspekt. Die Wahrscheinlichkeit einer Brandentstehung steigt ab dem 15. Betriebsjahr deutlich an.

Ursachen für Fahrzeugbrände¹:

- ▶ Kraftstoff- oder Ölaustritt auf heiße Motorteile (40 %)
- ▶ Reibung von Fahrzeugteilen mit einem Betriebsstoff (26 %)
- ▶ Kurzschlüsse oder Feuerübergriff (17 %)
- ▶ Brandstiftung

Mit Fahrzeugalter steigt Brandgefahr

Gründe Fahrzeugbrände

¹ Brandgefahr: Wenn das Fahrzeug Feuer fängt, <https://www.dekra-solutions.com/2017/11/wenn-das-fahrzeug-feuer-faengt/>, 2017, abgerufen am: 05.07.2022

Da der Anteil an E-Fahrzeugen rasant steigt, steigt natürlich auch die Wahrscheinlichkeit eines E-Auto-Brandes. Das hat aber nichts mit dem Antrieb zu tun. Es wird lediglich vermehrt darüber berichtet, sodass der Eindruck entsteht, es würden mehr Elektrofahrzeuge brennen.

Schulung zu Fahrzeugbrand essenziell

Ein Fahrzeugbrand ist damit also gar nicht mal so selten. Es ist also wichtig, sich mit der Fahrzeugbrandbekämpfung näher zu beschäftigen und gehört zudem in jeden Lehrplan von Feuerwehrausbildungseinrichtungen und Führungskräftebildungen, denn die Gefahren, die von Fahrzeugbränden ausgehen, stellen ein erhebliches (tödliches) Verletzungsrisiko für Feuerwehrleute dar. Genau diese Gefahren sind in den letzten Jahrzehnten immer mehr angestiegen. Dies ist nicht nur den „alternativen“ Energiespeichern zuzuschreiben, sondern auch Komponenten, die in den letzten Jahrzehnten zunehmend eingebaut wurden. Die Rede ist von Sicherheitssystemen wie Druckgaspatronen oder -kartuschen für Rückhaltesysteme (Airbags, Gurtstraffer, Fußgängeraufprallschutz von Motorhauben), die vereinzelt unter sehr hohen Drücken stehen (bis zu 700 bar) und weiteren Bauteilen, wie z.B. Gasdruckdämpfer von Motorhauben (auch Frunks) oder Kofferräumen. Stehen diese Bauteile unter starker Wärme-/Hitzeinwirkung, können diese zu Geschossen werden und damit Einsatzkräfte schwer verletzen. Laute Knallgeräusche werden häufig auch von platzenden Reifen erzeugt und sind ebenso nicht ungefährlich (vgl. YouTube-Video „Eclamentent pneus“¹).

Im Grunde muss dem Einsatzleiter bewusst sein, dass bei einem Fahrzeugbrand schon nach kurzer Zeit der Totalschaden eintritt. Inwiefern rechtfertigt da noch eine aus nächster Distanz durchgeführte Brandbekämpfung die damit einhergehenden Gefährdung für die Einsatzkräfte? Zudem ändern sich in Zeiten des Mobilitätswandels auch die Zeiten, in denen die reine Brandbekämpfung das Mittel der Wahl ist.



Eine angepasste Einsatztaktik muss sich auch an den vorliegenden Fahrzeugantrieb richten!

Taktik hängt vom Antrieb und Energiespeicher ab

Daher gilt es auch beim Stichwort „Brennt PKW“ die Antriebsart so früh es geht zu erkunden und den anrückenden Einsatzkräften mitzuteilen. Die Taktik hängt im Wesentlichen nun vom Antrieb und den mitgeführten Energiespeichern und -mitteln ab.

¹ https://www.youtube.com/watch?v=4ExIZOco56o&list=PLO8_xgMxirAvBcNLqHUK4G9pbblLW6GKV&index=3, abgerufen am: 05.07.2022

6.2.1 Brand von Gasfahrzeugen

Die verwendeten Gase Flüssiggas, Erdgas sowie Wasserstoff (Brennstoffzellenfahrzeuge) weisen auf Grund ihrer verschiedenen Speicherform (Aggregatzustand) sowie Natureigenschaften Unterschiede in der Brand- und/oder Explosionsentstehung auf sowie in ihrer eigentlichen Verbrennung (unterschiedliche Flammen-/Brenngeschwindigkeit) und Ausbreitung. Auch das Risiko eines Druckgefäßzerknalls ist zwischen den einzelnen Antrieben unterschiedlich hoch einzustufen. Diese Unterschiede sind bei der Brandbekämpfung zu beachten. Oberste Priorität hat die Sicherheit der Einsatzkräfte und anderer Menschen, welches zunächst mit Abstand (!) gewährleistet werden kann. Eine genaue Gefährdungsbeurteilung ist seitens des Einsatzleiters zu erstellen, um Einsatzkräfte nicht einer unnötigen Gefährdung auszusetzen.

Oberste Priorität hat die Sicherheit der Einsatzkräfte und anderer Menschen

Die Menschenrettung hat selbstverständlich Priorität, jedoch wird diese – ohne vorherige Brandbekämpfung (Gasflaschen kühlen, Gasflamme im Notfall löschen) – in vielen Fällen nicht möglich sein. Daher gilt der Grundsatz „Brandbekämpfung zur Menschenrettung“. Wasser ist i.d.R. das Mittel der Wahl.

Brandbekämpfung zur Menschenrettung

Für alle brennenden Gase gilt zunächst der Grundsatz:

Brennendes Gas = kontrolliertes Gas



Brennende Gasfahrzeuge haben bereits schon häufiger für Aufsehen gesorgt, denn immer wieder kommt es hier weltweit zu verheerenden Unfällen durch z.B. Explosion von Betriebsmittelspeichern (Druckgasbehälter). (Vgl. Rohlsdorf¹, 15.08.2014 10 verletzte Feuerwehrleute nach Gasautoexplosion oder „Auch „kleine“ BLEVE's können Probleme bereiten“ (BrandSchutz 06/2001, Hans-Joachim Gressmann, S. 549 – 553).

Keine Frage, diese Unfälle sind äußerst selten, aber ein Restrisiko ist und bleibt vorhanden. Vor allem bei Fahrzeugen, in denen das Sicherheitsventil defekt ist (z.B. durch mangelhafte Reparatur oder durch Beschädigung beim Verkehrsunfall) und damit nicht für einen Druckabbau sorgen kann.

Spannend ist die Tatsache: Wenn der technische Aufbau eines Sicherheitsventils bekannt ist (Ausbildung!), lassen sich anhand der unterschiedlichen Stichflammenbildung u.U. Rückschlüsse auf den vorhandenen Antrieb ziehen.

¹ Gasauto explodiert – Fahrer tot, fünf Feuerwehrleute schwer verletzt – fünf Feuerwehrleute leicht verletzt, <http://www.feuerwehr.de/news.php?id=10482>, abgerufen am: 05.07.2022



Abb. 142: Brand eines Flüssiggasfahrzeuges. (Quelle: Löschzug Haaren)

Unmittelbar an der Austrittsstelle gezündetes Flüssiggas brennt mit starker Wärmeentwicklung ab

Vorschrift Gesetzgeber

6.2.1.1 Brand von Flüssiggasfahrzeugen

Unmittelbar an der Austrittsstelle gezündetes Flüssiggas brennt mit starker Wärmeentwicklung ab! Hierdurch ist eine Brandausbreitung durch Brandübertragung oder Wärmestrahlung auf umliegende Bereiche möglich.

Laut Gesetzgebung ist bei Druckgasbehältern von Flüssiggastanks nur das sog. Überdruckventil (kurz: PRV¹) vorgeschrieben, eine Temperatursicherung (kurz: TPRD², s. Abb. 56) kann ggf. fehlen (Kapitel 4.1.1.).³ Versuche des Bundesministeriums für Materialprüfung und -forschung zeigten, dass, bei Vorhandensein beider Ventile, zunächst das Überdruckventil anspricht und bei genügend Wärmeeintrag im Anschluss die Temperatursicherung, was die Entleerung des Tanks bis auf Atmosphärenniveau führt.

■ Auswirkungen der Beflammung eines Flüssiggasbehälters mit Überdruckventil mit unterschiedlichen Füllständen

Kommt es bei einem mit Flüssiggas betriebenen Fahrzeug zu einem Fahrzeugbrand, wird der Flüssiggasbehälter zwangsläufig früher oder später

¹ Pressure Relief Valve

² Thermal Pressure Relief Device

³ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachbereich 2.4 „Konstruktiver Brand- und Explosionsschutz Gase“, Berlin

mit Wärme beaufschlagt, je nachdem wo das Feuer ausgebrochen ist. Dabei wird die Flüssigkeit im Inneren des Behälters zum Sieden oder Verdampfen gezwungen, das Volumen steigt und damit der Druck, der gegen die Behälterwandung und das federbelastete Sicherheitsventil drückt.

Zur Erinnerung: Das federbelastete Überdruckventil öffnet bei Überschreitung des Druckes von 27,5 bar. Dabei hat der Füllstand des Behälters Auswirkungen auf die Dauer zur Erreichung dieses kritischen Grenzwertes und damit der Auslösung des Überdruckventils.

■ Flüssiggasbehälter gefüllt

Je mehr Flüssigphase im Tank vorhanden ist, desto länger dauert es, bis die Flüssigkeit genügend Wärme absorbiert hat, um den Siedepunkt zu erreichen. Der höhere Füllstand hat aber noch weitere positive Auswirkungen. Die Behälterwandung wird zusätzlich vor weiterer Wärmeeinwirkung von innen durch die noch bestehende Flüssigphase gekühlt. Die Flammen schlagen unterhalb des Flüssigkeitsspiegels auf den Behälter ein, die Behälterwand wird durch die Druckentlastungsventile auf einem sicheren Druck gehalten. Da die Wärmebeaufschlagung aber weiter auf den Behälter einwirkt, verdampft weiteres Flüssiggas (Gasphase nimmt zu) und der kühlende Flüssigkeitsspiegel nimmt ab. Damit wird nun die Behälterwand nicht mehr gekühlt und zusätzlich steigt der Druck erneut, da das Ventil geschlossen ist. Der Kreislauf beginnt von vorn. Dies ist die typische Stichflammenbildung von Fahrzeugen mit Flüssiggasantrieben.

Ggf. Stichflammenintervall bei Fahrzeugen mit Flüssiggasantrieb



**BLEVE = Boiling
Liquid Expanding
Vapor Explosion**

Der Druck wird wie oben beschrieben durch das Überdruckventil zwar zeitweise abgebaut, jedoch zeigt eine Auslösung des Ventils auch gerade jetzt den kritischen Zustand des Druckgasbehälters an, denn dieser steht nun kurz davor zu Versagen. Ein weiteres Anzeichen kurz vor einer Explosion zeigt sich nicht mehr. Dabei führt der immer weiter fortschreitende Prozess zu einem immer riskanteren Zustand, da immer mehr Flüssiggas in die Gasphase übergeht. Zum Schluss reicht bei übermäßiger und längerandauernder Flammenbeaufschlagung u.U. das Sicherheitsventil für eine Druckentlastung und für die geschwächte Behälterwandung nicht mehr aus, es kommt zu einem „BLEVE“. Zu einem schlagartigen Freisetzen des gesamten Inhaltes mit Durchzündung mit Feuerball und einhergehender Wärmestrahlung.



Gefahr durch
Bruchstücke

(vgl. YouTube-Video https://www.youtube.com/watch?v=UM0jtD_OWLU, abgerufen am: 05.07.2022).

Zwar wird die Fahrzeugkarosserie die Einsatzkräfte ein wenig vor umherfliegenden Behälterfragmenten schützen, aber dennoch könnten Bruchstücke unkontrolliert durch die Luft geschleudert werden. Daher ist eine Annäherung an das Fahrzeug zu vermeiden – ganz besonders an die Bereiche, in die Flüssiggastanks i.d.R. verbaut werden, das Heck des Fahrzeuges.

■ Flüssiggasbehälter fast leer

Ist der Tank hingegen fast entleert und es herrscht überwiegend Gasphase im Behälter, hat dies folgenden Nachteil: die Gasphase nimmt schneller die Wärme auf, das Gas dehnt sich schneller aus und die fehlende Kühlung der Behälterwandung von innen führt zu einer schnelleren Materialschwächung!¹

Verfügt das Ventil zudem über eine Temperatursicherung (Schmelzlot) öffnet diese ab 110 °C. Dieser Vorgang kann daher weder gestoppt noch rückgängig gemacht werden. Das Gas brennt ab, bis der Tank leer ist.

Untersuchungen der BAM²³ (Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung) hinsichtlich der Sicherheit von Druckgasbehältern haben allerdings gezeigt, dass Flüssiggasbehälter auch im Brandfall sehr sicher sind und in allen Versuchen der Druck wie geplant abgebaut wurde. Es kam dabei nicht bei einem Behälter zur Explosion. Auch bei dem unter Abb. 149 gezeigten Bild kam es nicht zu einer Explosion, sondern zu einem kontrollierten Druckabbau.

■ Fahrzeuglage

Eine weitere Besonderheit bei Bränden von Flüssiggasantrieben ist ihre Fahrzeuglage bei Eintreffen. Die Stichflammen bei einem Fahrzeug in Seiten- bzw. Dachlage können deutlich größer ausfallen, als es bei PKW auf vier Rädern der Fall ist.

Bei Fahrzeugen in Seiten- bzw. Dachlage liegt am Sicherheitsventil Gasphase statt Flüssigphase an. In der Gasphase können in derselben Zeit mehr Gasmoleküle austreten, als es in der Flüssigphase der

Fahrzeug in
Seiten- oder
Dachlage

¹ https://www.youtube.com/watch?v=UM0jtD_OWLU, abgerufen am 05.07.2022

² BAM: <https://www.bam.de/Content/DE/Nachrichten/2018/2018-11-02-neues-dguv-merkblatt.html>, abgerufen am 05.07.2022

³ Tschirschwitz; Krentel; Martin Klug: <https://oar.ptb.de/files/download/5cc2bc844c9390096c002a4a>, abgerufen am 05.07.2022



Abb. 143: Fahrzeugbrand mit Flüssiggastank. (Quelle: Löschzug Haaren)



Abb. 144: Multiventil nach Flammenbeaufschlagung. (Quellen: Löschzug Haaren)

Fall ist. Das ergibt ein größeres Volumen der Stichflamme. (vgl. YouTube-Video Eigenschaften von Flüssiggas, [https://www.youtube.com/watch?v=QTVQiKkFP7A & list=PLO8_xgMxirAv7PzaunWltABvDzh0ITsVW & index=1](https://www.youtube.com/watch?v=QTVQiKkFP7A&list=PLO8_xgMxirAv7PzaunWltABvDzh0ITsVW&index=1), abgerufen am: 05.07.2022).

Maßnahmen Brandbekämpfung Flüssiggasfahrzeuge (vgl. vfdb-Merkblatt 10-07: Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Flüssiggas. Stand: November 2019, Cimolino, ELH, 2022).

Bei Fahrzeugen mit Gasantrieb kann es sinnvoll sein, zwei Atemschutztrupps auszurüsten.

- ▶ Möglichst mit dem Wind anfahren
- ▶ Fahrzeuge nicht in Gruben oder Senken aufstellen
- ▶ Absperren, ggf. Menschenrettung einleiten



Bei Gasantrieb sinnvoll zwei Atemschutztrupps auszurüsten

Achtung, hat das Sicherheitsventil bereits angesprochen, steht der Behälter ggf. kurz vor dem Versagen, die Einsatztaktik Brandbekämpfung muss durch den Einsatzleiter abgewogen werden.



Daher sollte die Möglichkeit eines kontrollierten Abbrennens in Erwägung gezogen werden, wenn dadurch keine Gefahren entstehen. (z.B. Gasfahrzeug brennt auf Autobahn, diese ließe sich absperren).

Möglichkeit kontrolliertes Abbrennen