



# Einsatzhinweise für Unfälle mit alternativ angetriebenen Kraftfahrzeugen


 Die zunehmende Verwendung von alternativen Kraftstoffen und alternativen Antriebssystemen im Automobilbereich führt dazu, dass solche Fahrzeuge immer häufiger in Unfälle verwickelt werden. Für die Feuerwehren ist es daher wichtig zu wissen, welche Konzepte es gibt, wie die Fahrzeuge erkannt werden können und welche einsatztaktischen Änderungen sich ergeben.

Die Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg hat in Zusammenarbeit mit der DEKRA Unfallforschung einen Empfehlungskatalog ausgearbeitet. Basis sind Erfahrungen aus dem Einsatzgeschehen, Erkenntnisse aus dem realen Unfallgeschehen und aus Crash Tests sowie Informationen von Fahrzeugherstellern, Gasversorgern und Komponentenslieferanten.

Die Einsatzhinweise beziehen sich auf die Standardsituationen Unfall, Brand sowie Unfall mit Brand. Dabei wird jeweils unterschieden, ob Komponenten des Antriebssystems betroffen sind oder nicht. Ladungsspezifische Gefahren, die unabhän-

gig vom Antriebssystem auftreten können, werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt, müssen aber vom zuständigen Einsatzleiter beachtet werden. Die Empfehlungen beziehen sich auf erdgas- und flüssiggasbetriebene Fahrzeuge, auf Hybridantriebe sowie auf Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb (direkte Verbrennung oder Brennstoffzelle). Eine Differenzierung erfolgt dabei nach Energiespeicher (Kraftstoff und Art der Speicherung) und Energiewandler (z.B. Verbrennungsmotor, Elektromotor). Durch die Vielzahl unterschiedlicher Systeme und Unfallszenarien können die vorliegenden Empfehlungen nur eine Hilfestellung beim Erkunden und Vorgehen darstellen. Sie sind als Ergänzung der Feuerwehrdienstvorschriften und Rettungsleitfäden der Fahrzeughersteller gedacht. 

# Antriebssysteme

 Antriebssysteme von Kraftfahrzeugen bestehen generell aus mindestens einem Energiespeicher (Kraftstoff) und einem Energiewandler (Motor).

Bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen sind dies Benzin oder Diesel sowie ein Verbrennungsmotor. Da nur eine Kraftstoffart verwendet wird, spricht man hier von einem monovalenten Antrieb. Bei alternativen Antrieben können sowohl die Zahl und die Art der Energiespeicher als auch die der Energiewandler variieren.

Ottomotoren (Benzin) können ohne große Modifikationen auf Flüssiggas (LPG Liquefied Petroleum Gas, Speicherdruck 8 bar) oder Erdgas (CNG Compressed Natural Gas, Speicherdruck 200 bar) umgerüstet werden. Dies kann sowohl direkt beim Fahrzeughersteller oder im Rahmen einer Umrüstung des ausgelieferten Fahrzeugs erfolgen. Bei der herstellerseitigen Ausrüstung wird der konventionelle Kraftstofftank durch einen „Nottank“ mit einem Volumen von ca. 5 Litern ersetzt. Wegen der geringen Größe des Benzintanks spricht man von einem monovalenten Antrieb. Bei der nachträglichen Fahrzeugumrüstung bleibt der Benzintank erhalten, ein zusätzlicher Gastank wird im Fahrzeug verbaut. Da weiterhin beide Kraftstoffarten verwendet werden können (2 Energiespeicher bei einem Energiewandler), handelt es sich um bivalente Fahrzeuge.

Hybridantriebe arbeiten in der Regel mit den beiden Energiewandlern Verbrennungsmotor und Elektromotor sowie den beiden zugehörigen Energiespeichern Benzin oder Diesel und Batterie. Eine Nachrüstung ist nicht möglich. Die bei Pkw gängigste Variante ist der so genannte Mischhybrid. Hierbei wird die Batterie über einen mit dem Verbrennungsmotor angetriebenen Generator sowie die

Umwandlung von Bremsenergie geladen. Gefahren wird elektrisch, der Verbrennungsmotor kann kraftstoffsparend im optimalen Drehzahlbereich arbeiten. Reicht die Kraft des Elektroantriebs nicht aus, z.B. beim Beschleunigen oder in hohen Geschwindigkeitsbereichen, so wird automatisch der Verbrennungsmotor zur Unterstützung zugeschaltet.

Ein momentan noch sehr wenig verbreiteter Energiespeicher ist der Wasserstoff. Auch hier sind nur herstellerseitig ausgerüstete Fahrzeuge anzutreffen. Aktuell wird noch kein Fahrzeug mit Wasserstoffantrieb für private Käufer angeboten. Prinzipiell lässt Wasserstoff zwei Antriebskonzepte zu: die direkte Verbrennung im Motor sowie den Betrieb einer Brennstoffzelle, die durch chemische Reaktion Strom zum Betrieb eines Elektromotors erzeugt.

## ERKENNUNGSMERKMALE

Für einen optimierten Einsatzablauf ist es erforderlich, das Antriebssystem frühzeitig zu erkennen. Da leider keine einheitliche Kennzeichnung vorgeschrieben ist, kann es sich bei jedem an der Einsatzstelle angetroffenen Fahrzeug um ein Fahrzeug mit alternativem Antriebskonzept handeln. Neben der Auskunft des Fahrers sollte daher besonders auf folgende Merkmale geachtet werden.

## ERDGASANTRIEB

- Flaschenbatterie oder ungewöhnliche Kapselung im Unterbodenbereich zwischen den Achsen
- Gasflasche(n) im Kofferraum
- Zusätzlicher Tankfüllstutzen im Stoßfänger, neben dem regulären Tankstutzen oder im Kotflügel
- Druckanzeige und/oder Umschalter im Armaturenbrett
- Zusätzliche Einspritzanlage auf dem Motorblock (Haube muss hierzu geöffnet werden)
- Manometer im Motorraum (Haube muss hierzu geöffnet werden)
- Aufkleber (Ich bin ein Erdgasauto, ...)
- Fahrzeugname (z.B. Opel Zafira CNG) auf Heckklappe
- Nutzfahrzeuge müssen speziell gekennzeichnet sein, Bild 1.



*Bild 1 Kennzeichnung von mit Erdgas betriebenen Kraftfahrzeugen der Klassen M2 und M3 (Nutzfahrzeuge)*

## FLÜSSIGGASANTRIEB

- Druckbehälter in der Reserveradmulde
- Zusätzlicher Tankfüllstutzen im Stoßfänger, neben dem regulären Tankstutzen oder im Kotflügel
- Druckanzeige und/oder Umschalter im Armaturenbrett
- Zusätzliche Einspritzanlage auf dem Motorblock (Haube muss hierzu geöffnet werden)
- Manometer im Motorraum (Haube muss hierzu geöffnet werden)
- Aufkleber (Flüssiggas inside, ...)

- Nutzfahrzeuge müssen speziell gekennzeichnet sein, Bild 2.



*Bild 2 Kennzeichnung von mit Flüssiggas betriebenen Kraftfahrzeugen der Klassen M2 und M3 (Nutzfahrzeuge)*


## HYBRIDANTRIEB

- Fahrzeugbezeichnung
- Besonderes Display im Armaturenbrett
- „Hybrid“-Aufschrift auf Motorabdeckung (Haube muss hierzu geöffnet werden)

## WASSERSTOFFANTRIEB

Da es sich bei wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen durchweg um Versuchsträger handelt, sind diese mit entsprechenden Aufklebern versehen. 🐾

# Einsatztaktik

 Von den alternativen Antriebssystemen gehen für die Rettungskräfte Gefahren aus, die bislang bei konventionell angetriebenen Kraftfahrzeugen nicht gegeben waren. Die Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten der Kraftstoffe erschwert es, generell gültige Taktikhinweise für alternativ angetriebene Kraftfahrzeuge zu geben. Die von Gasen ausgehenden Gefahren unterscheiden sich grundlegend von denen, die beispielsweise von elektrischen Batterien ausgehen. Beide Kraftstoffe können in Hybridfahrzeugen (zum Beispiel der Toyota FCHV (Fuel Cell Hybrid Vehicle)) gleichzeitig vorhanden sein. Der überwiegende Teil der mit komprimierten oder verflüssigten Gasen angetriebenen Kraftfahrzeuge ist bivalent und führt, um eine größere Reichweite zu gewährleisten, Benzin mit sich. Daher sind im Einzelfall die Sicherheitsanforderungen für Benzinfahrzeuge mit zu beachten! Die Einsatzhinweise stellen Ergänzungen der Standardregeln dar, sie ersetzen diese nicht!

Generell gilt: Unterflurig angebrachte Flaschen, Tanks oder Batterien dürfen, wie konventionelle Kraftstofftanks auch, nicht als Auflagepunkt für Hebekissen oder sonstige Hebeeinrichtungen verwendet werden. Kraftstoffleitungen, unabhängig vom verwendeten Kraftstoff, und farblich hervorgehobene Kabel (z.B. rot oder orange) dürfen nicht geschnitten oder gequetscht werden. Kunststoffverkleidungen im Unterboden- und Schwellerbereich sind vor Einleitung von Schneid-, Quetsch- oder Spreizarbeiten zu entfernen, die darunter liegenden Bereiche sind zu kontrollieren.

Für die Menschenrettung kann es erforderlich sein, von einzelnen der nachfolgenden Empfehlungen abzuweichen. Hier ist eine situationsabhängige Risikoabwägung durch den Einsatzleiter erforderlich.

## **ERDGAS ODER FLÜSSIGGASANTRIEB**

Da es sich in beiden Fällen um Gase handelt, ist das Vorgehen sehr ähnlich. Relevante Unterschiede werden benannt. Beide Gase sind odoriert und weisen damit den typischen Gasgeruch auf. Dieser ist

bereits bei minimalen Ausströmungen und Konzentrationen weit unterhalb der unteren Explosionsgrenze wahrnehmbar.

*Unfall ohne Beaufschlagung der Gasanlage:*

- Zündung frühzeitig abschalten
- Manuelle Ventile an den Gasflaschen schließen
- Dreifachen Brandschutz frühzeitig sicherstellen

*Unfall mit Beaufschlagung der Gasanlage,*

*Gasaustritt:*

- Motor und Zündung sofort abschalten
- Manuelle Ventile an den Gasflaschen schließen
- Dreifachen Brandschutz frühzeitig sicherstellen
- Zündquellen fernhalten
- Fahrzeug aus geschlossenen Räumen schieben
- Fahrzeugtüren, Motor- und Kofferraumabdeckungen sind zur Ventilation zu öffnen
- Gefahrenbereich evakuieren
- Messungen durchführen (Erdgas ist leichter als Luft, ausströmendes Flüssiggas schwerer als Luft)
- Gas mit Sprühstrahl niederschlagen oder lenken
- Restmengen kontrolliert ausströmen lassen
- Nur Ex-geschützte Geräte verwenden (Achtung: Mobiltelefone, Funkgeräte, Funkmelder u. Ä. beachten!)

*Brand ohne Beaufschlagung des*

*Druckgasbehälters:*

Durch diverse Sicherheitseinrichtungen stellt der Abbrand von Komponenten einer Gasanlage im Motorraum sowie im Zuleitungsbereich zum Motor keine besondere Gefahr dar. Lediglich die direkte Beaufschlagung der Druckgasbehälter bedarf einer gesonderten Betrachtung.

- Zündung sofort abschalten
- Manuelle Ventile an den Gasflaschen schließen
- Löschangriff unter Atemschutz mit Pulver, Wasser oder Schaum
- Kühlung des Druckgasbehälters (Verhindern des Auslösens der Thermosicherung bei ca. 110° C)

### *Brand mit Beaufschlagung des Druckgasbehälters:*

- Brandbekämpfung aus sicherer Entfernung unter Deckung, massive Kühlung
- Hat das Druckentlastungsventil ausgelöst und brennt das ausströmende Gas: Umgebung kühlen, das restliche Gas abbrennen lassen
- Bei ausgelöstem Druckentlastungsventil erst nach vollständiger Entleerung der Gastanks an das Fahrzeug herangehen

### **HYBRIDANTRIEB**

- Die Hauptrisiken sind hohe Spannungen und Elektrolyte aus der Batterie
- Die Schutzabstände nach DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen“ sind einzuhalten, bis das Fahrzeug freigeschaltet ist
- Kein hörbares Motorengeräusch bedeutet nicht „keine Gefahr“
- Zündung abschalten
- Fahrzeug nach Herstellerangaben deaktivieren (Bedienungsanleitung suchen, da hierzu leider kein einheitliches Schema existiert!)
- Kontakt mit farblich gekennzeichneten Leitungen vermeiden
- Brennende Batterien nach Möglichkeit ausbrennen lassen
- Brennende Batterien nur mit Pulver löschen
- Im Bereich der Batterie nur mit Schutzbrille, Visier und Handschuhen arbeiten, Hautkontakt mit austretender Batterieflüssigkeit vermeiden

### **WASSERSTOFFANTRIEB**

Wasserstoff ist nicht odoriert! Hier kann austretendes Wasserstoffgas nur mit einem Explosionsgrenzmessgerät festgestellt werden. Bei hohen Wasserstoffkonzentrationen in der Luft kommt es durch die deutlich höhere Schallgeschwindigkeit (1 270 m/s) zu einem piepsigen Klang der Stimme. Ein in größeren Mengen ausströmendes Gas erzeugt ein charakteristisches, pfeifendes Strömungsgeräusch. Falls die flüssige Phase des Wasserstoffgases austritt, kann dies durch Wasserdampf, der an der tiefkalten Flüssigkeit oder dem verdampfenden Gas kondensiert, oder durch entstehendes Eis erkannt werden. Bei tiefkalten Flüssigkeiten und dem ver-

dampfenden Gas besteht bei Kontakt mit der Haut oder beim Einatmen die Gefahr von Erfrierungen. Weiterhin werden durch die tiefkalten Temperaturen viele Materialien, einschließlich der Schutzkleidung, spröde. Eine weitere Gefahr geht von Kryobehältern und Leitungen aus, die flüssigen Wasserstoff beinhalten. Bei einer defekten Isolation kondensiert durch die tiefen Temperaturen (-252,7° C) an der Oberfläche flüssige Luft. Diese hat eine stark erhöhte Sauerstoff-Konzentration, da Sauerstoff im Vergleich zu Stickstoff einen höheren Siedepunkt besitzt. Die flüssige Luft wirkt dadurch stark brandfördernd. Wasserstoff ist leichter als Luft und verbrennt normalerweise ohne Rauchentwicklung mit einer beinahe unsichtbaren Flamme, nur durch Spuren von Stoffen in der Luft kann es zu einer leichten Färbung der Flamme kommen. Bei Sonnenlicht kann die Flamme nur schwer erkannt werden. Eine Wasserstoffflamme erzeugt trotz der hohen Verbrennungstemperatur eine geringe Wärmestrahlung, weil keine glühenden Kohlenstoff-Partikel vorhanden sind, die an die Umgebung Wärme abgeben können. Bei der Annäherung an ein mit Wasserstoff betriebenes Kraftfahrzeug, bei dem Gas ausströmt, ist dies zu berücksichtigen. Toyota empfiehlt in einem Leitfaden für Rettungskräfte einen Besen als Hilfsmittel, um brennendes Wasserstoffgas aufzuspüren. Der Besen mit leicht entzündbaren Borsten ist, während man sich dem Kraftfahrzeug langsam nähert, vor sich her zu tragen. Er entzündet sich, wenn er in die nahezu unsichtbare Wasserstoffflamme gerät und zeigt dadurch die Flamme an.

Bei der Vorgehensweise kann man sich ergänzend an den Hinweisen für gasbetriebene Fahrzeuge orientieren. 