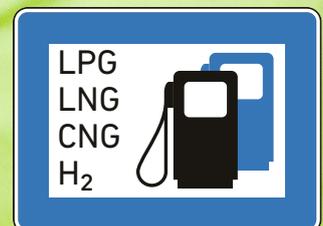




## Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Umgang mit Gasfahrzeugen



## Hinweis

Die Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit EKAS möchte mit dieser Informationsbroschüre die Arbeitssicherheit und den Schutz der Gesundheit im Umgang mit Gasfahrzeugen erhöhen. Die Broschüre soll den Stand der Technik aufzeigen, Arbeitgeber und Arbeitnehmende über die potenziellen Gefährdungen sowie über geeignete Massnahmen informieren, mit dem Ziel, Berufsunfälle und gesundheitsgefährdende Belastungen zu vermeiden. Bei allen Arbeiten an Gasfahrzeugen sind die Vorgaben des Fahrzeugherstellers und allfälliger Systemlieferanten zu beachten. Die Broschüre richtet sich an Personen, die beruflich mit Gasfahrzeugen zu tun haben, enthält aber auch für Privatpersonen relevante Informationen.

## Impressum

### Herausgeberin

EKAS  
Alpenquai 28b, 6002 Luzern  
Tel. 041 419 59 59  
www.ekas.ch

### Mitwirkende der Arbeitsgruppe

- Matthias Bieri, EKAS-Geschäftsstelle, Luzern
- Peter Furrer, Dienststelle Wirtschaft und Arbeit (wira), Luzern
- Mathias Juch, Suva, Luzern
- Nils König-Moureau, Verein Arbeitskreis LPG, Reiden
- Pascal Lenzin, Energie Wasser Bern, Bern
- Jörg Merz, Auto AG Truck, Rothenburg
- Andreas Peter, Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), Zürich
- Markus Peter, Auto Gewerbe Verband Schweiz (AGVS), Bern
- Markus Roth, AUTEF GmbH, Reiden
- Patrick Wyss, Volvo Group (Schweiz) AG, Dällikon

### Gestaltung

- Agentur Frontal AG, Willisau

### Bildnachweis:

Mit freundlicher Genehmigung/Unterstützung folgender Unternehmen und Institutionen:

- AUTEF GmbH, Reiden
- Auto AG Truck, Rothenburg
- Volvo Group (Schweiz) AG, Egerkingen

«Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Umgang mit Gasfahrzeugen»,  
EKAS-Informationsbroschüre, 6282.d

1. Auflage, Juni 2022

### Gendergerechte Formulierung

Diese Broschüre enthält geschlechtsneutrale oder geschlechtergerechte Formulierungen. Vereinzelt ist aus stilistischen Gründen auf die gendergerechte Formulierung verzichtet worden. Die maskuline Form ist daher als generisches Maskulinum zu verstehen und bezieht sich sowohl auf Frauen wie auf Männer.

## INHALT

<b>1. Einleitung</b>	<b>4</b>
■ Definitionen	
■ Abkürzungen	
<b>2. Die verschiedenen Gase und ihre Gefährdungen</b>	<b>6</b>
■ 2.1 LPG (Liquified Petroleum Gas)	
■ 2.2 CNG (Compressed Natural Gas)	
■ 2.3 LNG (Liquified Natural Gas)	
■ 2.4 Wasserstoff	
<b>3. Sicherheitsregeln im Umgang mit Gasfahrzeugen</b>	<b>11</b>
<b>4. Schutzmassnahmen</b>	<b>12</b>
■ 4.1 Explosionsschutz	
■ 4.2 Abblasen von Gas	
■ 4.3 Lagerung von Gasbehältern bei Instandhaltungsarbeiten	
■ 4.4 Transport / Versand von Gasbehältern	
■ 4.5 Weitere Schutzmassnahmen	
■ 4.6 Pannendienst / Unfallbergung / Entsorgung	
<b>5. Ausbildung, Weiterbildung</b>	<b>19</b>
■ 5.1 Allgemeines	
■ 5.2 Sicherheitsniveau S 0	
■ 5.3 Sicherheitsniveau S 1	
■ 5.4 Sicherheitsniveau S 2	
■ 5.5 Sicherheitsniveau S 3	

## ANHANG

■ Sicherheitsmassnahmen im Überblick	<b>22</b>
■ Weiterführende Fachliteratur und nützliche Adressen	<b>23</b>

# 1. Einleitung

## Gasantriebssysteme mit wachsender Bedeutung

Der Bundesrat will bis 2050 die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Schweiz auf netto null senken. Dannzumal sollen in der Schweiz also nur noch so viele Treibhausgase ausgestossen werden, wie natürliche und technische Speicher aufnehmen können. Für rund einen Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist heute der Verkehr, genauer fossile Treibstoffe wie Benzin und Diesel, verantwortlich. Da der Strassenverkehr in der Schweiz gemäss Prognosen weiter zunehmen wird, sind Alternativen zu Benzin und Diesel für das Erreichen des Netto-Null-Ziels gefragt.

Alternative Systeme existieren bereits heute: Neben Elektroantrieben sind dies vor allem Gasantriebe. Gasfahrzeuge verursachen deutlich geringere Emissionen als Benzin- und Dieselfahrzeuge. Mit Biogas oder Wasserstoff betriebene Fahrzeuge sind nahezu CO<sub>2</sub>-neutral.

Heute finden CNG, LNG, LPG und Wasserstoff zum Antrieb von Fahrzeugen ihre Anwendung. Jedes dieser Gase hat seine spezifischen Eigenschaften und Gefährdungspotenziale. Aus diesem Grund muss jeder, der in beruflichem Umgang mit diesen Fahrzeugen steht, entsprechend sensibilisiert, instruiert oder ausgebildet werden. Neben Mitarbeitern in Werkstätten betrifft dies auch bereits den Nutzer des Fahrzeuges – etwa Berufsschaufelreue – und Einsatzkräfte von Blau- und Gelblichtorganisationen bis hin zu Entsorgern der Fahrzeuge.

Der Arbeitgeber trägt die Verantwortung dafür, dass in seinem Betrieb Arbeiten an Gasfahrzeugen von qualifizierten Mitarbeitern ausgeführt werden. Die vorliegende Broschüre wurde gemeinsam mit Branchenvertretern erarbeitet und soll dazu beitragen, dass im beruflichen Umgang mit Gasfahrzeugen die geforderte Umsicht und die nötigen Vorkehrungen angewendet werden. Entsprechende Aus- und Weiterbildungen werden von verschiedenen Anbietern in der Schweiz angeboten. Zu beachten ist dabei, dass mehrere Sicherheitsniveaus unterschieden werden, die sich am Gefährdungspotenzial der auszuführenden Arbeiten orientieren.



## Definitionen

- **Abblasen**  
Entspannen/Entleeren des Tank- und Leitungssystems über eine Abblasleitung in die Atmosphäre
- **Abfackeln**  
Entleeren des Tanksystems über eine Leitung in die Atmosphäre. Das austretende Gas wird am Austrittsende der Leitung über einen speziellen Fackelkopf entzündet
- **Boil-off**  
Natürliche Verdampfung von flüssigem Gas durch Wärmeeintrag
- **Inertisieren**  
Verdrängen eines brennbaren Gases durch ein Inertgas (z. B. Stickstoff), oder Zuführen eines Inertgases, um eine explosionsfähige Atmosphäre zu verhindern
- **Odorierung**  
Beimischung intensiv riechender, organischer Stoffe oder Stoffgemische, die dem ansonsten geruchlosen Gas einen charakteristischen, warnenden Geruch verleihen

## Abkürzungen

<b>ADR</b>	(europäisches) Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
<b>ATEX</b>	Kurzbezeichnung für die europäische Richtlinie 2014/34/EU für das Inverkehrbringen explosionsgeschützter Geräte und Schutzzaunsysteme
<b>CNG</b>	Compressed Natural Gas
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>H<sub>2</sub></b>	Hydrogen/Wasserstoffgas
<b>HV</b>	Hochvolt
<b>LNG</b>	Liquified Natural Gas
<b>LPG</b>	Liquified Petroleum Gas
<b>MAK-Wert</b>	Maximaler Arbeitsplatzkonzentrationswert
<b>OEG</b>	obere Explosionsgrenze
<b>SDR</b>	(schweizerische) Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
<b>PSA</b>	Persönliche Schutzausrüstung
<b>UEG</b>	untere Explosionsgrenze
<b>VeVA</b>	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen
<b>VKF</b>	Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen

## 2. Die verschiedenen Gase und ihre Gefährdungen



Auch für den Tankvorgang muss eine Gefährdungsermittlung durchgeführt werden.

Der Arbeitgeber ist gesetzlich verpflichtet, die Gefährdungen im Zusammenhang mit Arbeiten an Gasfahrzeugen zu ermitteln und die erforderlichen Massnahmen umzusetzen.

Daraus ergeben sich folgende Aufgaben:

- Gefährdungsermittlung durchführen
- Gefährdungsermittlung dokumentieren
- Erstellung einer geeigneten Organisation
- Notfallorganisation
- Bereitstellung der erforderlichen Arbeitsmittel und Informationen

- Erstellung von Betriebsanweisungen aufgrund der Gefährdungsermittlung (Mutterschutz/Jugendschutz beachten)
- Signalisation
- Sensibilisierung, Instruktion und Ausbildung der Mitarbeitenden

Folgende Punkte können zu besonderen Gefährdungen und unerwünschten Ereignissen führen:

- Verschleiss und Abnutzung
- Materialfehler
- Korrosion und Materialversprödung
- Fehlende oder mangelhafte Wartung
- Manipulation
- Nichteinhaltung der Vorgaben
- Fehlende Ausbildung
- Beschädigung der Tanks durch Unfälle oder unsachgemässe Handlung bei der Wartung/Reparatur

Grundvoraussetzung für jegliche Arbeiten an Gasfahrzeugen ist das Wissen über die Eigenschaften und Gefährdungen des jeweiligen im Fahrzeug gespeicherten Gases.

Die folgende Übersichtstabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Gase. Die Tabelle bezieht sich auf den jeweiligen Aggregatzustand der Treibstoffe in der gespeicherten Form.

Eigenschaften	LPG	CNG (CH <sub>4</sub> )	LNG (CH <sub>4</sub> )	Wasserstoff (H <sub>2</sub> )
Aussehen	farblose Flüssigkeit	farbloses Gas	farblose Flüssigkeit	farbloses Gas
Geruch	odoriert	odoriert	geruchlos	geruchlos
Dichte bei 0 °C, 1,013 bar relativ zu Luft (=1)	2,020 kg/m <sup>3</sup> (Propan) 1,554	0,7168 kg/m <sup>3</sup> 0,5545		0,08987 kg/m <sup>3</sup> 0,0695
Dichte flüssig	520 kg/m <sup>3</sup> (Propan, 20 °C, 7,5 bar)		415 kg/m <sup>3</sup> (-161,5 °C)	
Siedepunkt	-42 °C (Propan)	-161,5 °C	-161,5 °C	-253 °C
Flammenfarbe	sichtbar	sichtbar	sichtbar	teils unsichtbar
Zündbereich (UEG/OEG)	1,7–10,9 Vol.-% (Propan) 31–200 g/m <sup>3</sup>	4,4–16,5 Vol.-% 29–110 g/m <sup>3</sup>		4–77 Vol.-% 3,3–65 g/m <sup>3</sup>
Zündtemperatur	ca. 470 °C (Propan)	ca. 595 °C		560 °C
Mindestzündenergie	0,25 mJ (Propan)	0,28 mJ		0,017 mJ

## 2.1 LPG (Liquified Petroleum Gas)

Als LPG, im deutschen Sprachraum auch als Flüssiggas oder Autogas bekannt, bezeichnet man unter Druck verflüssigte Kohlenwasserstoffverbindungen wie Propan, Butan oder deren Gemische.

### 2.1.1 Eigenschaften

Flüssiggase bestehen aus kettenförmigen, gesättigten Kohlenwasserstoffverbindungen (C und H), welche schwerer als Luft sind. LPG (Propan, Butan und deren Gemische) liegt bei Umgebungstemperatur (20 °C) und einem Druck von ca. 6–8 bar in flüssiger Form vor. LPG besitzt im flüssigen Zustand  $\frac{1}{260}$  des gasförmigen Volumens. Das heisst, 1 Liter in der Flüssigphase ergibt ca. 260 Liter in der Gasphase (100%). LPG ist ungiftig, wird zur geruchlichen Wahrnehmung odoriert und ist brennbar.

### 2.1.2 Speicherung

LPG kann verflüssigt unter einem Druck von ca. 6–8 bar im Gastank gespeichert werden. Aufgrund des geringen Drucks können die Gasbehälter in unterschiedlichen Bauformen vorkommen. Diese Tanks sind mit ihren Armaturen so abgesichert, dass selbst von einem in der prallen Sonne stehenden Fahrzeug keine Gefährdung durch ein Bersten des Behälters ausgeht. Im Sommer oder durch andere Temperatureinwirkung kann es in Flüssiggas-Druckbehältern zu Drücken bis über 16 bar durch äussere Erwärmung kommen. Eine Vielzahl von Druckbehältern und Tanks sind mit Sicherheitsabblaseventilen ausgestattet, was bei erhöhtem Druck zu einem Abblasen des Gases führt. Diese Ventile bauen unzulässig hohe Drücke ab und schützen somit den Behälter vor einem Bersten.

### 2.1.3 Spezifische Gefährdungen

Bei einem Leck an einem LPG-Tank findet umgehend eine Verdampfung statt. Die benötigte Umwandlungsenergie (Wärme) wird aus der Umgebung entnommen, infolgedessen kann es zu einer Abkühlung des Behälters kommen, was oftmals durch eine Kondensation bis zur Vereisung an der Flasche deutlich wird (abhängig von der Dampfdruckkurve). Bei Kontakt mit austretendem Flüssiggas kann es zu Kälteverbrennungen kommen.

Bei einem Gasaustritt (auch beim Sicherheitsabblaseventil) entsteht mit der Umgebungsluft eine zündfähige Atmosphäre. LPG, das schwerer als Luft ist, sinkt nach unten und kann sich in Vertiefungen, Gruben, Schächten oder Kanälen ansammeln. Es sind darum geeignete Schutzmassnahmen durch geschultes Personal (vgl. Kapitel 4) zu treffen.

LPG kann ausserdem durch das Verdrängen von Sauerstoff zu einer Erstickungsgefährdung führen.



Bei erhöhtem Druck durch äussere Erwärmung kann es bei LPG-Tanks zu einem Abblasen des Gases kommen.

## 2.2 CNG (Compressed Natural Gas)

CNG besteht hauptsächlich aus verdichtetem Methan, das entweder aus dem Erdinnern entnommen oder durch biologischen Abbau von organischem Material (Biogas) und anschließende Reinigung und Aufbereitung gewonnen wird. Dem CNG, das an Schweizer Tankstellen bezogen werden kann, ist rund ein Drittel Biogas beigemischt. Bei Biomethan, synthetischem Methan und Erdgas handelt es sich immer um den Kohlenwasserstoff Methan.



CNG wird bei 200 bar gespeichert.

CNG wird über das Erdgasnetz verteilt und an Tankstellen mithilfe von Kompressoren auf die notwendigen Speicherdrücke zum Betanken gebracht.

### 2.2.1 Eigenschaften

CNG ist wesentlich leichter als Luft. Es liegt bei Umgebungstemperatur immer gasförmig vor und kann unter Druck komprimiert werden. Es ist ungiftig, wird zur geruchlichen Wahrnehmung odoriert und ist brennbar.

Hinweis: In seltenen Sonderfällen werden Fahrzeuge mit direktvertanktem Biogas betrieben, welches unter Umständen nicht odoriert wurde und somit als geruchlos gilt. Die Dichtheit der Gasanlage oder die Gasfreiheit von Komponenten ist unabhängig von der Konfektionierung des Gases und der damit verbundenen Geruchsgebung stets mit geeigneten Messgeräten zu prüfen.

### 2.2.2 Speicherung

Der Speicherdruck von CNG liegt bei 200 bar. Ein 50-Liter-Tank stellt dem Antrieb entsprechend ein Volumen von 10 000 Liter Erdgas zur Verfügung.

Es werden unterschiedliche Tankmaterialien (Stahl, Composite) verwendet. Die Tanks werden grundsätzlich in Zylinderform gebaut und sind druckabgesichert.

### 2.2.3 Spezifische Gefährdungen

Spezifische Gefährdungen gehen von den unter hohem Druck stehenden Behältern und Leitungen aus.

In gedeckten oder geschlossenen Räumen kann sich das Gas kurzzeitig im Deckenbereich ansammeln und sich aufgrund der hohen kinetischen Energie rasch im gesamten verfügbaren Raum verteilen. Methan kann innerhalb der Explosionsgrenzen von 4,4 bis 16,5 Vol.-% (1013 mbar und 20 °C) mit heißen Oberflächen bei einer Temperatur > 595 °C oder einer Zündenergie von 0,28 mJ entzündet werden.

Methan hat einen MAK-Wert von 10 000 ppm (1 Vol.-%) und kann bei höheren Konzentrationen narkotisierende oder erstickende Eigenschaften (Verdrängung von Sauerstoff) haben.

## 2.3 LNG (Liquified Natural Gas)

LNG ist tiefkalt (-161,5 °C) verflüssigtes Erdgas (zwischen 85 und 99,5% Methangas), welches hauptsächlich bei schweren Nutzfahrzeugen eingesetzt wird.

### 2.3.1 Eigenschaften

Die höhere Dichte durch das verflüssigte Methan ermöglicht die Speicherung einer grösseren Energiemenge und somit grössere Fahrreichweiten. LNG besitzt im flüssigen Zustand  $\frac{1}{600}$  des gasförmigen Volumens. Somit wird 1 Liter tiefkalt verflüssigtes Gas zu 600 Liter Gas. LNG ist

geruchlos, nicht odoriert und ungiftig. Im verflüssigten Zustand ist es nicht brennbar. Verflüchtigtes LNG weist grundsätzlich dieselben Eigenschaften wie CNG auf (siehe 2.2.1).

### 2.3.2 Speicherung

Damit Methan in flüssiger Form gespeichert werden kann, ist eine Kühlung unter den Siedepunkt von  $-161,5^{\circ}\text{C}$  notwendig. Die Kühlung wird in der Regel am Produktionsstandort vorgenommen. Anschliessend kommt es zu keiner weiteren aktiven Kühlung des LNG. Die Speicherung in Fahrzeugen erfolgt in vakuumisolierten Speicherbehältern (Kryotanks).

### 2.3.3 Spezifische Gefährdungen

Die Gasphase ist aufgrund der tiefkalten Temperaturen zunächst schwerer als Luft und je nach Luftfeuchtigkeit als weisser Nebel sichtbar. Verflüchtigtes LNG weist dieselben Eigenschaften und Gefährdungen wie CNG auf (siehe 2.2.1 und 2.2.3).

Im Umgang mit gasführenden Komponenten und Leitungen besteht die Gefahr von Kälteverbrennungen/ Erfrierungen bei Berührung.



Bei längeren Standzeiten kann es bei LNG-Tanks zu einem Abblasen des Gases kommen.

Da tiefkalt verflüssigtes Methan nur schwer permanent auf der tiefen Temperatur gehalten werden kann, kommt es durch Erwärmung zu einem Aggregatzustandswechsel von der Flüssig- in die Gasphase. Dadurch steigt der Tankinnendruck. Bei längeren Standzeiten kann der Druck so weit steigen, dass er den Nennwert des primären Begrenzungsventils (ca. 16 bar) überschreitet. Das LNG wird dann über ein fahrzeuginternes Abblasesystem abgelassen, bis es zum Druckabfall unter den fahrzeugseitig definierten Druck kommt. Die Fahrzeughersteller haben dafür spezielle Leitungen vorgesehen, welche zumeist hinter der Fahrerkabine angebracht werden. Durch diese Leitungen wird ein sicheres Abblasen ermöglicht. Beim Abblasen kann ein explosionsfähiges Gemisch entstehen. LNG-Fahrzeuge müssen bei längeren Standzeiten darum immer im Freien parkiert oder an ein entsprechendes Abblasesystem in der Werkstatt angeschlossen werden. Um ein Abblasen zu verhindern, können zur Gasdruckplanung bei längeren Standzeiten Referenztabelle verwendet werden. Mit diesen kann die Zeit bis zum Abblasen eingeschätzt und festgestellt werden, ob ein Auftanken die Parkdauer ohne Abblasen verlängern kann. Grundsätzlich sind stets das Fahrzeuginformationssystem und die Herstellerinformationen massgeblich.

Tankdruck	90% LNG im Tank	75% LNG im Tank	50% LNG im Tank	25% LNG im Tank
3 bar	6,5	6,5	6	5
5 bar	6	6	4,5	3,5
7 bar	4,5	4	3	2,5
9 bar	3	2,5	2	1,5
11 bar	2	1,5	1	1
13 bar	0,5	0,5	0,5	0,5
14 bar	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Die Tabelle zeigt die ungefähre Anzahl Tage bis zum Abblasen am Beispiel von Volvo-Trucks.

## 2.4 Wasserstoff

Wasserstoff (Hydrogen,  $H_2$ ) wird in Fahrzeugen als Energiequelle für Brennstoffzellen verwendet. In der Brennstoffzelle wird aus dem Wasserstoff elektrische Energie gewonnen, die zum direkten Antrieb von Elektromotoren (HV-Antrieb) genutzt wird. Als weitere Möglichkeit kann Wasserstoff direkt zur Verbrennung in einem Verbrennungsmotor eingesetzt werden.

Die Energie von 1 kg Wasserstoffgas entspricht derjenigen von rund 3 kg Benzin. Da Wasserstoffgas eine geringe volumetrische Energiedichte aufweist, wird es hauptsächlich als komprimiertes Gas in Fahrzeugen gespeichert.



Wasserstoff ist farb- und geruchlos und verbrennt als unsichtbare Flamme.

### 2.4.1 Eigenschaften

Wasserstoff ist leichter als Luft, steigt rasch auf und vermischt sich mit der Umgebungsluft. Er ist farblos, geruchlos, geschmacksneutral und ungiftig. Er verfügt über einen sehr grossen Entflammbarkeitsbereich, die benötigte Zündenergie ist gering. Wasserstoff verbrennt als unsichtbare Flamme mit hoher Brenngeschwindigkeit.

### 2.4.2 Speicherung

Die eingesetzten Speichersysteme in  $H_2$ -Fahrzeugen umfassen einen bis mehrere Druckbehälter mit folgenden Drücken:

700 bar (+15 °C) Personenwagen (Speicherdichte 40,2 kg/m<sup>3</sup>)  
350 bar (+15 °C) Lkw, Busse (Speicherdichte 24 kg/m<sup>3</sup>)

Beim Tankvorgang können im Tanksystem Temperaturen im Bereich der maximal erlaubten Arbeitstemperatur der Komponenten von bis zu +85 °C auftreten. Dadurch kommt es zu Druckerhöhungen im Behälter, die den Nennbetriebsdruck von 350 (700) bar auf maximal 438 (875) bar ansteigen lassen. Dies entspricht dem höchstzulässigen Betriebsdruck der Behälter.

Eine Speicherung als tiefkalt verflüssigter Wasserstoff, man spricht hier von  $LH_2$  oder  $CCH_2$ , (analog dem LNG bei -252 °C) ist auch möglich. In dieser Broschüre wird auf diese und weitere Speicherformen nicht weiter eingegangen.

### 2.4.3 Spezifische Gefährdungen

Wasserstoff weist aufgrund seiner unteren und oberen Explosionsgrenze eine grosse Zündfähigkeit in fast jeder Konzentration auf. Wasserstoff kann innerhalb der Explosionsgrenzen von 4 bis 77 Vol.-% (1013 mbar und 20 °C) mit heissen Oberflächen bei einer Temperatur >560 °C oder einer sehr geringen Zündenergie von 0,017 mJ entzündet werden.

Wasserstoff ist leichter als Luft, steigt sehr rasch auf und vermischt sich mit der Umgebungsluft. Im Freien stellt eine Wasserstoffkonzentration in der Regel keine Gefährdung dar, da sich Wasserstoff sehr schnell verflüchtigt. In gedeckten oder geschlossenen Räumen kann sich das Gas kurzzeitig im Deckenbereich ansammeln und sich aufgrund der hohen kinetischen Energie rasch im gesamten verfügbaren Raum verteilen. Entsprechende Massnahmen (vgl. Kapitel 4) sind zwingend erforderlich.

Da die Speicherung von Wasserstoff unter Druck erfolgt (350 bar und 700 bar), sind dementsprechend Gefährdungen wie Bersten, explosionsartiger Gasaustritt etc. zu berücksichtigen.

Wasserstoff kann ausserdem durch das Verdrängen von Sauerstoff zu Erstickengefahr führen.

# 3. Sicherheitsregeln im Umgang mit Gasfahrzeugen

Gas als Antriebskraftstoff in Fahrzeugen bringt im Vergleich zu Benzin und Diesel besondere Gefährdungen mit sich. Die angesichts dieser Gefährdungen erforderlichen Schutzmassnahmen im Umgang mit Gasfahrzeugen sind im Kapitel 4 aufgeführt. An dieser Stelle werden die wichtigsten Sicherheitsregeln im Umgang mit Gasfahrzeugen aufgelistet, mit deren Befolgen schwere Unfälle verhindert werden können.

- 1. Arbeiten an Gasfahrzeugen nur mit entsprechender Aus- oder Weiterbildung vornehmen.
- 2. Im Arbeitsbereich des Fahrzeugs Brand- und Explosionsschutzmassnahmen sicherstellen.
- 3. Fahrzeuginterne und werkstattsspezifische Warnsysteme beachten.
- 4. Bei längeren Standzeiten Fahrzeuge mit tiefkalt verflüssigtem Gas im Freien parkieren.
- 5. Vorgeschriebene PSA tragen.
- 6. Bei Schäden und Defekten an gasführenden Teilen besondere Massnahmen beachten.
- 7. Brennendes Gas nicht löschen.

- 1. Arbeiten an Gasfahrzeugen dürfen ausschliesslich mit der entsprechenden Aus- und Weiterbildung ausgeführt werden. Bei Arbeiten ohne das nötige Fachwissen können durch Unkenntnis lebensbedrohliche Gefährdungen entstehen. Die verschiedenen Sicherheitsniveaus der Aus- und Weiterbildung werden im Kapitel 5 dieser Broschüre beschrieben.
- 2. Durch Brand- und Explosionsschutzmassnahmen im und um das Fahrzeug ist sicherzustellen, dass es bei Arbeiten zu keinen Bränden, Verpuffungen oder Gasexplosionen kommen kann. Die gasführenden Teile sind insbesondere vor Heissarbeiten (Schweissen, Schleifen etc.) und anderen Zündquellen zu schützen.
- 3. Die in den Fahrzeugen eingebauten Warnsysteme und andere Warn- und Messgeräte können unterstützend vor Gefährdungen im Zusammenhang mit Gas warnen. Bei allfälligen Warnungen sind darum stets die vom Hersteller vorgeschriebenen Massnahmen zu treffen.

- 4. LNG-Fahrzeuge sollten im Freien abgestellt oder nach Einfahren in die Werkstatt an eine geeignete Abblasevorrichtung angeschlossen werden, sodass im Falle eines Boil-offs das Gas sicher aus der Werkstatt geleitet wird (siehe Kapitel 2.3.3). Infolge eines Boil-offs kann es zu Gasansammlungen kommen und eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen.
- 5. Je nach Arbeit und Tätigkeit (inkl. Betanken) rund um Gasfahrzeuge ist die vorgeschriebene PSA zu tragen (siehe dazu Kapitel 4.5). Die PSA schützt insbesondere bei unvorhergesehenen Ereignissen, etwa dem Austreten von Gasspritzern, den Körper vor Verletzungen.
- 6. Werden an gasführenden Teilen Schäden oder Defekte bemerkt, so sind umgehend die vom Hersteller vorgeschriebenen Massnahmen zu treffen. Leckagen können zu unerwarteten Gasansammlungen und explosionsfähigen Atmosphären führen.
- 7. Brennendes Gas ausser bei Personengefährdung nicht löschen, damit sich unverbranntes Gas nicht ansammeln kann und eine explosionsfähige Atmosphäre bildet. Im Brandfall ist entweder die Gaszufuhr zu unterbrechen oder kontrolliert brennen zu lassen. Tanks in der Umgebung durch Massnahmen wie Besprühen mit Wasser kühlen. Sämtliche brennbaren Materialien in der Nähe von Gasbehältern sind zu entfernen. Es ist zudem genügend Abstand zum Brandherd zu halten und die Feuerwehr zu alarmieren.



Bei Warnungen durch Warnsysteme sind stets die vom Hersteller vorgeschriebenen Massnahmen zu treffen.

## 4. Schutzmassnahmen

Je nach Art der Tätigkeit, vorhandenem Kraftstoff und evtl. Fahrzeugtyp muss eine Gefährdungsbeurteilung oder Risikobeurteilung durchgeführt und die entsprechenden Schutzmassnahmen getroffen werden.

### Tätigkeiten, die besondere Schutzmassnahmen erfordern:

- Betankung der Fahrzeuge
- Instandhaltung in der Reparaturwerkstatt
- Umbau und Konstruktion von Fahrzeugen
- Durchführen von Fahrzeugkontrollen
- Abstellen von Fahrzeugen
- Umgang mit Pannen- und Unfallfahrzeugen
- Entsorgen von Fahrzeugen

Die Schutzmassnahmen richten sich nach der vom Betrieb durchgeführten Gefährdungsermittlung und sind abhängig vom betrachteten Kraftstoff, von der Fahrzeug-

art, der vorhandenen Umgebung und den ausgeführten Tätigkeiten. Hinsichtlich der zu treffenden Explosionsschutzmassnahmen ist grundsätzlich zwischen Arbeiten am Gassystem und Routinearbeiten am Fahrzeug zu unterscheiden. Bei Arbeiten am Gassystem sind die in den nachfolgenden Unterkapiteln beschriebenen Massnahmen zum Explosionsschutz umzusetzen.

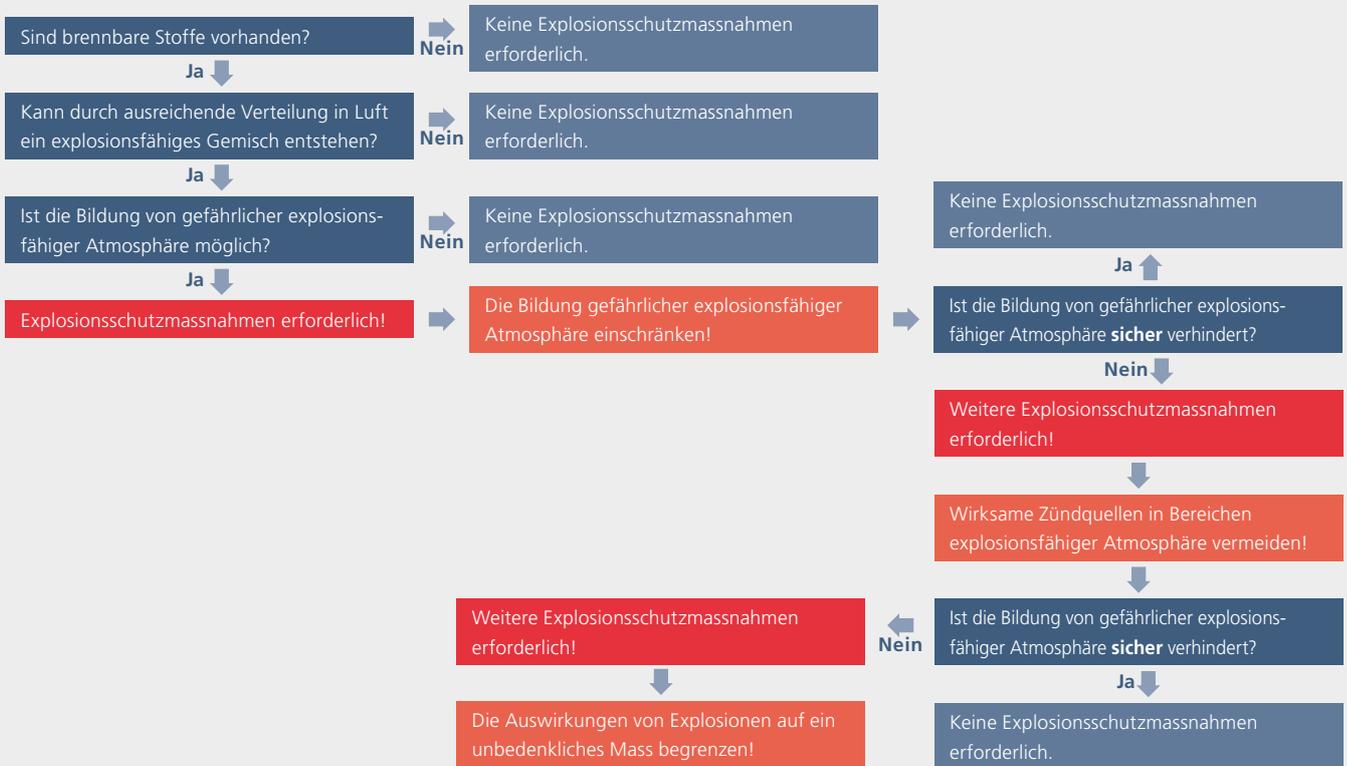
Für Routinearbeiten an einem Fahrzeug (z. B. Pneuwechsel) muss vorgängig dessen betriebsmässige Dichtheit überprüft werden. Ist das Fahrzeug als betriebsmässig dicht eingestuft worden, sind reduzierte Massnahmen zum Explosionsschutz umzusetzen (z. B. Nachweis der Dichtheit, keine funkenerzeugenden oder wärmeerzeugenden Arbeiten, minimale natürliche Lüftung vorhanden, Erdung des Fahrzeugs, Einsatz mobiler Gasetektoren, Notfallplanung).

### 4.1 Explosionsschutz

Ist mit der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen, ist ein Explosionsschutzdokument mit entsprechenden Schutzmassnahmen zu erstellen (Suva-Merkblatt 2153.d «Explosionsschutz – Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen»). Das dabei zu beachtende Vorgehen zeigen die beiden folgenden Schemas.



Ex-Zonen sind in einem Zonenplan festzuhalten.



Beurteilungsschema zum Verhindern bzw. Begrenzen von Explosionen.



Grundlagen für Explosionsschutzmassnahmen an Arbeitsmitteln und am Arbeitsplatz.

Quelle: Suva, Merkblatt 2153.d «Explosionsschutz – Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen»

#### 4.1.1 Lüftungsmassnahmen

Die Arbeitsbereiche müssen ausreichend belüftet sein. Dabei wird zwischen künstlicher und natürlicher Lüftung unterschieden.

Natürliche Lüftung für überflur liegende Räume: Eine natürliche Lüftung gilt dann als ausreichend, wenn mindestens zwei einander gegenüberliegende, nicht verschliessbare, ins Freie führende Öffnungen vorliegen. Eine der beiden Öffnungen muss unmittelbar, höchstens aber 10 cm über Boden angeordnet sein. Jede Lüftungsöffnung muss dabei mindestens 20 cm<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Bodenfläche gross sein.

Künstliche Lüftung (Grundlüftung): Räume gelten als ausreichend künstlich entlüftet, wenn die Leistung der Lüftung derart ausgelegt ist, dass ein mindestens 3-facher Luftaustausch pro Stunde erfolgt. Die Absaugstelle des Ventilators muss in Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften des gasförmigen Kraftstoffes angeordnet werden, jedoch max. 10 cm über dem Boden oder unmittelbar unter der Decke liegen. Damit die geforderten Luftmengen eingehalten werden und keine unerwünschten Unterdrücke auftreten, muss das freie Nachströmen von Frischluft dauerhaft gewährleistet sein (je nach Situation auch aktiv mit Ventilatoren). Die abgasaugte Luft ist gefahrlos ins Freie zu führen, und das Ende des Lüftungsschachtes ist gegen das Eindringen von Wasser und Verunreinigungen zu schützen.



Mit künstlicher Lüftung kann eine ausreichende Lüftung sichergestellt werden.

Die künstliche Lüftung kann auch durch eine Gaswarnanlage gesteuert werden (siehe Kap. 4.1.3).

#### 4.1.2 Potenzialausgleich

Durch das Potenzialgefälle des Fahrzeuges zu seiner Umgebung besteht grundsätzlich die Gefahr einer elektrostatischen Entladung. Daher ist zwischen Fahrzeug und Gebäude in der Werkstatt ein geeigneter Potenzialausgleich vorzusehen. Um eine mögliche Funkenbildung während Manipulationen am Gassystem zu verhindern, ist der Anschluss des Potenzialausgleichs an das Fahrzeug zwingend, sofern keine Inertisierung des Gassystems stattgefunden hat.

Das Wechseln von Komponenten und Karosserieteilen ausserhalb des Gassystems ist ohne Erdung möglich.



Ein geeigneter Potenzialausgleich verhindert elektrostatische Entladungen.

#### 4.1.3 Gaswarnanlagen

Eine Gaswarnanlage muss die zu erwartenden brennbaren Gase sicher unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) erfassen, Personen alarmieren, den Gefahrenort anzeigen und Massnahmen zur Verhinderung eines Brandes oder einer Explosion einleiten.

Die Produkte müssen den geltenden Ex-Schutz-Vorschriften und Ex-Zonen entsprechen und für diese geprüft sein (ATEX).

Der Anlagenstatus, etwa Alarm- und Störungszustand, sowie Ausschaltungen müssen auf dem Bedien- und Anzeigeteil ersichtlich sein. Die Gaskonzentration des überwachten Bereichs muss angezeigt werden.

Anzahl und Positionierung der Detektoren sind abhängig von den Arbeitsplatzverhältnissen, der Fahrzeugart und dem betrachteten Kraftstoff und sind durch den Hersteller der Gaswarnanlage und den Betreiber festzulegen.

Die Gaswarnanlage muss zum Schutz der Mitarbeitenden mindestens zwei Alarme aufweisen.

Beispielsweise haben sich die folgenden Alarmwerte etabliert (Alarmkonzept):

- Voralarm bei 10% UEG mit den folgenden ausgelösten Massnahmen (nicht abschliessend):
  - optischer und akustischer Alarm
  - künstliche Lüftung einschalten
  - Ein-/Ausfahrtstore öffnen
  - Verlassen des Gefahrenbereiches
- Interventionsalarm bei 20% UEG:
  - gefährdeten Bereich spannungsfrei schalten



Gaswarnanlagen warnen vor explosionsfähigen Gaskonzentrationen.

#### 4.1.4 Mobile Gasdetektoren

Mobile Gaswarnanlagen werden in der Regel auf Person getragen und dienen der Überwachung der unmittelbaren Umgebung. Massnahmen sind auch hier abhängig vom gemessenen Wert und von der Gasart. Die Anwender von mobilen Gaswarnanlagen sind im Umgang mit den Geräten sowie in der Interpretation der Signale und Anzeigen zu schulen.



Mobile Gasdetektoren unterstützen die Suche nach Gaslecks.

#### 4.1.5 Stromversorgung

Alarme (Warnsignal, Warnlicht), Gaswarnanlage, Ventilator und Notbeleuchtung müssen mit einer separaten Stromversorgung betrieben werden, die bei einem Alarm nicht spannungsfrei geschaltet wird. Diese Arbeitsmittel dürfen nicht zur Zündquelle werden und müssen der geforderten Gerätekategorie respektive Gerätegruppe für die entsprechende Ex-Zone genügen.

#### 4.1.6 Wartung/Instandhaltung

Gaswarnanlage, mobiler Gasdetektor, Ventilator und Alarmeinrichtungen müssen nach den vom Hersteller festgelegten Intervallen instand gehalten werden. Gaswarnanlage, Ventilator und Alarmeinrichtungen sind jedoch mindestens jährlich zu prüfen respektive zu kalibrieren. Instandhaltungsarbeiten dürfen nur von instruierten oder ausgebildeten Personen nach den Regeln der Technik durchgeführt werden.

## 4.2 Abblasen von Gas

Beim Abblasen von Gas wird zwischen der notfallmässigen Freisetzung von Gas über eine Vorrichtung am Fahrzeug und der geplanten Freisetzung von Gas unterschieden. In der Folge geht es um die geplante Freisetzung von Gas und die dabei zu treffenden besonderen Vorkehrungen.

### 4.2.1 Abblasen

Das Entspannen durch Abblasen von Gas darf nur mit entsprechender Abblasevorrichtung am Gebäude oder einer mobilen Abblasevorrichtung im Freien erfolgen. Das Gas muss sich gefahrlos verflüchtigen können (Ansammlungen verhindern). Für LNG und LPG sind weitere Massnahmen (vgl. Kapitel 4.2.2 und 4.2.3) zu beachten. Es sind dabei die Vorgaben des Herstellers der Abblasevorrichtung zu befolgen. Für das Entspannen der Gasanlage wird eine gekennzeichnete Fläche (Sicherheitsbereich) benötigt. Im Freisetzungsbereich dürfen sich während des Entspannungsvorgangs keine Personen und Fahrzeuge befinden. Das Gas wird aus dem Fahrzeug mit einer Leitung in den Abblasbereich geführt. Andere Arbeiten dürfen während des Abblasens in diesem Bereich nicht ausgeführt werden. Der Sicherheitsbereich ist abzusperren und an den Zugängen deutlich erkennbar mit der Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre zu kennzeichnen. Während Gewittern ist das Abblasen von Gas grundsätzlich verboten.



Beim Abblasen von Gas ist der Sicherheitsbereich abzusperren.

### 4.2.2 Besonderheiten CNG und LNG

Das Abblasen von Methan ist nur in Ausnahmefällen vorzunehmen. Sofern möglich, ist aufgrund der Folgen für die Umwelt stets ein Umtanken oder Abfackeln vorzusehen.

### 4.2.3 Besonderheiten LPG

LPG-Systeme dürfen nur in Bereichen entspannt werden, die sich überflur befinden. 10 Meter in allen Richtungen von der Entspannungseinrichtung dürfen sich keine Senken, Gruben, Kanäle, Keller oder andere tiefer gelegene Räume befinden.

## 4.3 Lagerung von Gasbehältern bei Instandhaltungsarbeiten

Ausgebaute, nicht inertisierte Behälter sind in den dafür definierten Bereichen zu lagern. Der Lagerbereich muss sich im Freien oder in einem natürlich oder künstlich gelüfteten Bereich befinden. Die Gasbehälter müssen deutlich gekennzeichnet werden. Der Lagerbereich für

Gasbehälter ist zu kennzeichnen und muss gegen den Zugriff durch Unbefugte gesichert sein. Lagerbereiche müssen mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden.

## 4.4 Transport/Versand von Gasbehältern

Hierbei sind die Anforderungen gemäss ADR/SDR und VeVA zu beachten.

## 4.5 Weitere Schutzmassnahmen

### Persönliche Schutzausrüstung

Bei allen Tätigkeiten an Gasfahrzeugen ist die **vom Hersteller oder Betreiber vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung** zu tragen. Die persönliche Schutzausrüstung verhindert unter anderem Kälteverbrennungen und Erfrierungen im Umgang mit LNG- und LPG-Fahrzeugen. Die PSA ist dabei auch beim Betanken des LNG-Fahrzeugs stets zu tragen.

Beispiel: PSA für das Tanken von LNG (jeweils Vorgaben des Herstellers oder Betreibers beachten).



Die persönliche Schutzausrüstung verhindert unter anderem Kälteverbrennungen.

Für Arbeiten am Gassystem von Fahrzeugen ist die für die jeweilige Tätigkeit spezifisch vorgesehene PSA zu tragen. Dies können beispielsweise Schutzschuhe mit antistatischer Brandsohle sowie öl- und benzinfester Laufsohle mit rutschhemmendem Profil, Schutzbrille, bei Bedarf vollständiger Gesichtsschutz bei der Montage/Demontage von Leitungen und Bauteilen mit erhöhtem Fehlerrisiko, Kälteschutzhandschuhe für Arbeiten an Flüssiggasanlagen, leitfähige Kleidung aus nicht synthetischem Material, portable Gaswarngeräte sein.

### Massnahmen zu unter Druck stehenden Leitungen/Behältern

Für die unter Druck stehenden Leitungen und Behälter sind die Instandhaltungsarbeiten wie in den Herstellervorgaben vorgesehen vorzunehmen. Unter Druck stehende Leitungen dürfen nie geöffnet und nachgezogen werden.

### Arbeiten nach Checklisten / vorgeschriebenen Abläufen

Es sind stets die vom Hersteller für Arbeiten vorgesehenen Checklisten zu verwenden und die vorgeschriebenen Abläufe einzuhalten.

### Beachten von Rückrufen

Rückrufen des Herstellers ist Folge zu leisten.

### Instandhaltungspflicht

Die vom Hersteller vorgeschriebene Instandhaltungspflicht ist einzuhalten.

### Brandschutz

Es sind die Anforderungen der VKF-Brandschutzvorschriften zu beachten.

## 4.6 Pannendienst/Unfallbergung/Entsorgung

Beim Pannendienst, bei der Unfallbergung und der Entsorgung ist jeweils ein standardisierter Ablauf einzuhalten. Sofern der Hersteller keinen abweichenden Ablauf vorsieht, geben die folgenden drei Abschnitte eine Übersicht darüber, welche Abklärungen in welcher Reihenfolge vorzunehmen sind. Bei einer Übergabe an Dritte die eingeleiteten Massnahmen mitteilen und schriftlich bestätigen lassen (z. B. durch ein Übergabeprotokoll).

### 4.6.1 Pannendienst

1. Informationen Pannenmeldung (Fahrzeug/Gasart/Fahrzeugzustand/etc.)
2. Abklärungen vor Ort (Fahrzeug/Gasart/Fahrzeugzustand/etc.)
3. Bei Brennstoffzellenfahrzeugen siehe EKAS-Informationsbroschüre 6281.d (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Umgang mit Hochvoltssystemen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen)



Gasfahrzeuge werden im Falle einer Panne mit einer Pylone auf dem Dach gekennzeichnet.

### 4.6.2 Unfallbergung

1. Informationen Unfallmeldung (Schadensart/Fahrzeug/Gasart/etc.)
2. Abklärungen vor Ort (Gasart/Leckagetest/etc.)
3. Bei Brennstoffzellenfahrzeugen siehe EKAS-Informationsbroschüre 6281.d (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Umgang mit Hochvoltssystemen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen)
4. Wenn möglich Ventile der Gasbehälter schliessen!
5. Bei Leckage direkt am Tank Bergung nur nach Anweisung der Einsatzleitung durchführen

### 4.6.3 Entsorgung

1. Abklärungen Fahrzeugart (Gasart)
2. Behälterzustand (Druck/Volumen/Befüllung/Beschädigungen/etc.)
3. Ventil der Gasbehälter manuell schliessen!
4. Tankausbau und Gasentsorgung durch Fachstelle
5. System inertisieren, Behälter deklarieren und vorschriftsgemäss entsorgen (Anforderungen gemäss ADR/SDR und VeVA beachten).

# 5. Ausbildung, Weiterbildung

Der Arbeitgeber muss für eine ausreichende Sensibilisierung und Instruktion der Mitarbeitenden sorgen und sicherstellen, dass sie über genügend Fachkenntnisse für die auszuführenden Arbeiten verfügen. Fahrzeughersteller bzw. -importeure sowie Verbände, Berufsschulen und Drittanbieter bieten Instruktionen und Fachkurse zum

Umgang mit Gasfahrzeugen an. Die spezifischen Tätigkeiten sollten in die nachfolgend beschriebenen Sicherheitsniveaus eingeteilt werden. Die Sicherheitsniveaus sind dem europäischen Vorbild und der Einteilung in anderen Fahrzeugbereichen nachempfunden.

## 5.1 Allgemeines

Um die unterschiedlichen Tätigkeiten von der täglichen Nutzung der Fahrzeuge (Tanken, inkl. Pannenabsicherung) bis hin zum Aufbau sicher gestalten zu können, müssen die Arbeitnehmenden mit den damit verbundenen Gefährdungen vertraut gemacht werden.

Hieraus lassen sich für die jeweiligen Tätigkeiten unterschiedliche Sicherheitsniveaus (S0 bis S3) ableiten:

- S0 Bedienen der Fahrzeuge
- S1 Allgemeine Arbeiten an Fahrzeugen, ausgeschlossen Arbeiten an Gassystemen (Reifenwechsel, Aufbauarbeiten Karosserie, MFK, Blau- und Gelblichtorganisationen etc.)
- S2 Arbeiten direkt am Gassystem (ausgebildetes Personal für die unterschiedlichen Systeme)
- S3 Nachrüstungen an bestehenden Fahrzeugen (Neuaufbau)

## 5.2 Sicherheitsniveau S0

Das Sicherheitsniveau S0 beinhaltet grundlegende Kenntnisse über das Fahrzeug und das darin verwendete Gassystem. Die Person muss über die Fähigkeit verfügen, bei Ereignissen die Situation so weit wie möglich zu beurteilen und abzusichern.

D. h., die Person soll bei Ereignissen/Unfällen aufgrund der erworbenen Kenntnis über die Systeme das Umfeld entsprechend informieren und absichern können.

Sie soll erste Massnahmen ergreifen und Einsatzkräfte über die Besonderheiten/Gefährdungen umfassend informieren können.

Sie muss die unter Umständen im Fahrzeug vorhandene PSA (z. B. in LNG-Fahrzeugen) richtig anwenden und die Notfallmassnahmen am Fahrzeug sicher durchführen können.

### Inhalt der Ausbildung:

- Kenntnis der fahrzeugspezifischen Eigenschaften und des bestimmungsgemässen Gebrauchs
- Kenntnis der Eigenschaften und Gefährdungen des im Fahrzeug verwendeten Gases

- Kenntnis der erforderlichen PSA
- Kenntnis von Besonderheiten (Abstellen in Räumen und Tiefgaragen, Betankung, Verhalten bei Leckagen oder betriebsbedingtem Gasaustritt)
- Austausch einfacher Verschleissteile (u. a. Wischerblätter, Reifen) gemäss Betriebsanleitung
- Vorgehen bei Pannen, Unfällen oder anderen Ereignissen!



Auf dem Sicherheitsniveau S0 werden grundlegende Kenntnisse vermittelt.

### 5.3 Sicherheitsniveau S 1

Dieses Sicherheitsniveau ist für alle Arbeiten, Reparaturen, Wartungen, Fahrzeugabänderungen und Fahrzeugprüfungen vorgesehen, welche keinen direkten Eingriff in das Gassystem erfordern.

Hier werden die allgemeinen Gefährdungen durch die unterschiedlichen Anlagen thematisiert. Ausserdem werden die fahrzeugseitig vorhandenen Sicherheitssysteme und die Absicherungsmöglichkeiten erklärt, sodass ein sicheres Arbeiten an den Fahrzeugen möglich ist.

So können Arbeiten wie allgemeine Wartungs- und Reparaturarbeiten, Karosserieaufbauten, Pannenhilfe, Unfallbergungen etc. sicher durchgeführt werden.



Das Sicherheitsniveau S 1 ist für alle Arbeiten vorgesehen, die keinen direkten Eingriff in das Gassystem erfordern.

#### Inhalt der Ausbildung:

- Identifizierung von Fahrzeugen mit Gasantrieb
- Gesetzliche Grundlagen inkl. Prüffristen
- Chemische und physikalische Eigenschaften der gasförmigen Treibstoffe
- Gefährdungen im Umgang mit unter Druck verflüssigten, komprimierten oder tiefkalt verflüssigten brennbaren Gasen
- Anforderungen an den Explosionsschutz – Werkstatteinrichtungen
- Einsatz an Gasfahrzeugen (Unfall/Pannendienst)
- Verhalten bei Gasaustritt, Unfällen und im Brandfall
- Technische und organisatorische Schutzmassnahmen und Abklärungen
- Erforderliche PSA
- Kenntnisse der Qualifikationsstufen
- Unzulässige Arbeiten am Fahrzeug
- Qualifizierung der Arbeiten

### 5.4 Sicherheitsniveau S 2

Dieses Sicherheitsniveau ist für alle Arbeiten, Reparaturen, Wartungen, Fahrzeugabänderungen und erweiterte Fahrzeugprüfungen (z. B. CNG-Wartungsdokument) vorgesehen, welche im direkten Sinn das Gassystem betreffen oder einen Eingriff in dieses verlangen. Konstruktive Änderungen an gasführenden Komponenten werden auf diesem Niveau jedoch noch nicht behandelt.

Hier werden die allgemeinen Gefährdungen durch die unterschiedlichen Anlagen thematisiert. Ausserdem werden die fahrzeugseitig vorhandenen Sicherheitssysteme und die Absicherungsmöglichkeiten besprochen, sodass ein sicheres Arbeiten an den Fahrzeugen möglich ist. Voraussetzung für die Absolvierung eines Kurses des Niveaus S 2 ist der erfolgreiche Abschluss eines Kurses des Niveaus S 1.

### Inhalt der Ausbildung:

- Arbeiten und Tätigkeiten an gasführenden Teilen gemäss Herstellervorgaben und auf Basis der Gefährdungsbeurteilung
- Technik von Gassystemen
- Gasspezifische Bauteile
- Fehlersuche und Lecksuche an Gassystemen
- Entspannen und Inertisieren
- Wiederinbetriebnahme und Funktionsprüfung
- Dichtheitsprüfung und Dokumentation
- Freigabe von Fahrzeugen
- Werkzeuge, Messmittel
- Erforderliche PSA

### **Auf dem Niveau S2 werden Module in folgenden Bereichen angeboten:**

- LPG
- CNG
- LNG
- Wasserstoff

## **5.5 Sicherheitsniveau S3**

Dieses Sicherheitsniveau ist für Nach- und Umrüstungen an Fahrzeugen (Neuaufbau) vorgesehen. Es befasst sich unter anderem mit den konstruktiven Änderungen an gasführenden Komponenten des Antriebssystems. Voraussetzung für die Absolvierung eines Kurses des Niveaus S3 ist der erfolgreiche Abschluss eines Kurses des Niveaus S2.

### Inhalt der Ausbildung:

- Gesetzliche Grundlagen (Vertiefung)
- Anforderungen an die Dokumentation für die Freigabe durch das Strassenverkehrsamt
- Spezielle Prüfungen der Gesamtanlage für die Inverkehrsetzung und Übergabe
- Detaillierte Kenntnisse der verarbeitenden Gassysteme, Einbau, Umbau, Anpassungen
- Programmier- und Einstellarbeiten an Gassystemen

Abschlussprüfung/Zertifizierung notwendig.

Dieses Niveau kann die Anforderungen dafür abdecken, dass im Auftrag der Strassenverkehrsämter die vorgeschriebenen Prüfungen der Gastanks durchgeführt werden dürfen.

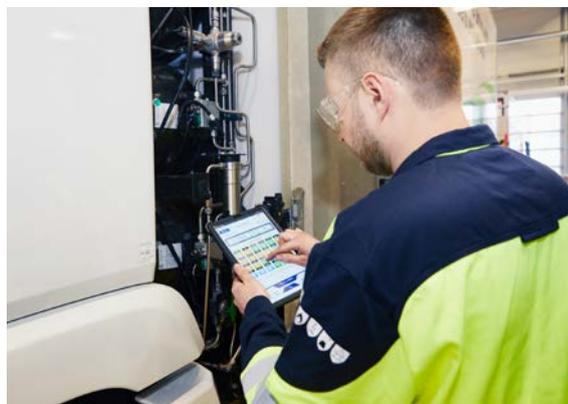


Auf dem Sicherheitsniveau S2 werden Arbeiten am Gassystem thematisiert.

### **Auf dem Niveau S3 werden Module in folgenden Bereichen angeboten:**

- LPG
- CNG
- LNG
- Wasserstoff

Abschlussprüfung/Zertifizierung notwendig.



Das Sicherheitsniveau S3 beinhaltet auch Programmier- und Einstellarbeiten an Gassystemen.

# Sicherheitsmassnahmen im Überblick

Die folgenden Sicherheitsmassnahmen gelten für alle vier Gasarten (nicht abschliessend).

## Sicherheitsmassnahmen

- Risikobeurteilung
- Sensibilisierung aller Mitarbeiter
- Sichere Prozesse, Einsatz von Checklisten
- Notfallplan, Evakuierung, Sammelplatz
- Erforderliche PSA
- Sicherheitsniveau Arbeiten, Schulungen, regelmässige Instruktionen
- Absturzsicherung bei Dachaggregaten

## Explosionsschutzmassnahmen

- Explosionsschutzdokumentation
- Risikoanalyse (Freigabe) vor Arbeiten wie Schweißen, Schleifen etc.
- Kennzeichnung Ex-Zonen
- Prüfvorgang vor Einfahrt in ein Gebäude/eine Werkstatt
- Personenschutzgerät
- Lecksuchgerät
- Dauerhafter Luftwechsel
- Ausreichende Lüftung (Zu- und Abluft, Ex-geschützt)
- Vermeidung von Zündquellen (konforme Arbeitsmittel) und statischer Elektrizität
- Sicheres Abblasen der brennbaren Gase
- Gaswarnsystem mit Sensoren, Alarm 1 bei 10% UEG, Alarm 2 bei 20% UEG mit beschreibendem Alarmkonzept
- Regelmässige Kontrolle und Kalibrierung der Gaswarnanlage und der Sensoren
- Notschalteneinrichtung
- Entleeren und Inertisieren des Tanks gemäss Herstellervorgaben (Zurückgewinnen, Abfackeln oder Abblasen) in einem geschützten Bereich
- Regelmässige Prüfung der Abblasleitung
- Blitzschutzanlage am Gebäude, Blitzschutzklasse 1
- Einsatz klassifizierter Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche (Werkzeuge, Prüfmittel, Heizgeräte, Maschinen, Anlagen, Installationen etc.)
- Trennung komplette Stromversorgung bei Hauptalarm
- Notbeleuchtung Ex-geschützt
- Potenzialausgleich (Fahrzeuganschlussmöglichkeit)
- Massnahmen in Lackier- und Trockenkabinen

# Weiterführende Fachliteratur und nützliche Adressen

## Weiterführende Fachliteratur

- EKAS, Richtlinie 6517 «Flüssiggas», 2017.
- EKAS, Broschüre 6207.d «Unfall – kein Zufall! Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Fahrzeuggewerbe», 2019.
- EKAS, Broschüre 6281.d «Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Umgang mit Hochvoltssystemen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen», 2015.
- Industriegaserverband Schweiz, «Sicherheitsempfehlungen A06 Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen», 2015.
- Suva, Merkblatt 2153.d «Explosionsschutz. Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen», 2020.
- Suva, Übersicht Sicherheitszeichen, 2018.
- Schweizerischer Bundesrat, Strassenverkehrsgesetz (SR 741.01), 2020.
- Schweizerischer Bundesrat, Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR) (SR 0.741.621), 2021.
- Schweizerischer Bundesrat, Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR) (SR 741.621), 2021.
- Schweizerischer Bundesrat, Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (Verordnung über die Unfallverhütung, VUV) (SR 832.30), 2018.
- Schweizerischer Bundesrat, Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei der Verwendung von Druckgeräten (Druckgeräteverwendungsverordnung) (SR 832.312.12), 2016.

## Nützliche Adressen

- Arbeitskreis LPG, Kreuzmatte 1F, 6260 Reiden, [www.arbeitskreis-lpg.ch](http://www.arbeitskreis-lpg.ch)
- Auto Strassenhilfen Schweiz (ASS), Pfannenstil 12, 4624 Härkingen, [www.ass.ch](http://www.ass.ch)
- Auto Gewerbe Verband Schweiz (AGVS), Wölflistrasse 5, 3006 Bern, [www.agvs-upsa.ch](http://www.agvs-upsa.ch)
- Bundesamt für Strassen (ASTRA), Pulverstrasse 13, 3003 Ittigen, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch)
- Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS), Alpenquai 28b, 6005 Luzern, [www.ekas.ch](http://www.ekas.ch)
- Feuerwehr Koordination Schweiz (FKS), Christoffelgasse 6, 3011 Bern, [www.feukos.ch](http://www.feukos.ch)
- Schutz & Rettung Zürich, Beatenplatz 1, 8001 Zürich, [www.stadt-zuerich.ch/pd/de/index/schutz\\_u\\_rettung\\_zuerich](http://www.stadt-zuerich.ch/pd/de/index/schutz_u_rettung_zuerich)
- Schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), Grütlistrasse 44, 8002 Zürich, [www.svgw.ch](http://www.svgw.ch)
- Schweizerischer Nutzfahrzeugverband (ASTAG), Wölflistrasse 5, 3006 Bern, [www.astag.ch](http://www.astag.ch)
- Schweizerischer Verein für Schweisstechnik (SVS), St. Alban-Rheinweg 222, 4052 Basel, [www.svs.ch](http://www.svs.ch)
- Schweizerischer Verein für technische Inspektionen (SVTI), Richtistrasse 15, 8304 Wallisellen, [www.svti.ch](http://www.svti.ch)
- Suva, Fluhmattstrasse 1, 6004 Luzern, [www.suva.ch](http://www.suva.ch)
- Verband der Schweiz. Gasindustrie (VSG), Grütlistrasse 44, 8002 Zürich, [www.gazenergie.ch/de](http://www.gazenergie.ch/de)
- Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF), Bundesgasse 20, 3011 Bern, [www.bsvonline.ch/de](http://www.bsvonline.ch/de)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Eidgenössische Koordinationskommission  
für Arbeitssicherheit EKAS**