

# **Praxisratgeber Arbeitssicherheit und Gasfahrzeuge**

# Impressum

## Herausgeber:

### **Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes GmbH (TAK)**

Im Auftrag von:

### **Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e.V. (ZDK)**

Franz-Lohe-Straße 21, 53129 Bonn

Telefon: 0228 9127-0, Telefax: 0228 9127-150

E-Mail: [zdk@kfzgewerbe.de](mailto:zdk@kfzgewerbe.de)

## Verfasser:

Werner Steber, Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e. V. (ZDK)

Johannes Müller, Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes GmbH (TAK)

## Redaktion:

Holger Kähler, Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG)

Olaf Pfeiffer, Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)

Reinhard Strehler, Audi AG

Matthias Wuest, Daimler AG

Thomas Biermann, Volkswagen AG

Carsten Steffen, Volkswagen AG

## Erscheinungsdatum:

September 2014 (4. überarbeitete Fassung)

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Genehmigung des Herausgebers

# Vorwort



Gas als Kraftstoff bietet neben der Elektromobilität eine hervorragende Möglichkeit, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Obwohl Gas als Kraftstoff in den öffentlichen Medien derzeit nicht mehr die Rolle spielt wie noch vor einigen Jahren, hat es auch hier einige Neuentwicklungen gegeben. Um diesen neuen Entwicklungen Rechnung zu tragen und um allen Kfz-Betrieben eine Grundlage für die Arbeiten an allen Gasfahrzeugen zu geben, wurde der Praxisratgeber "Arbeitssicherheit und Gasfahrzeuge" erneut überarbeitet. In der vorliegenden 4. Auflage des Praxisratgebers wird erstmals beschrieben, wie auch Erdgastanks (CNG-Tanks) sicher entleert werden können. Darüber hinaus wird erläutert, was bei Arbeiten an Kraftfahrzeugen (Lkw und Zugmaschinen) zu beachten ist, bei denen Erdgas (LNG) tiefgekühlt in flüssiger Form im Tank mitgeführt wird.

Bei der Überarbeitung dieses Praxisratgebers wurden wir von Experten der Berufsgenossenschaften und aus der Automobilindustrie kompetent unterstützt. Für diese Unterstützung bedanken wir uns ausdrücklich.



Neofitos Arathymos



Werner Steber

## Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b> .....	<b>3</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>6</b>
<b>1 BEGRIFFSDEFINITIONEN</b> .....	<b>7</b>
<b>2 EINFÜHRUNG</b> .....	<b>9</b>
<b>3 KRAFTSTOFFE</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 Erdgas (CNG, LNG)</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 Flüssiggas (LPG)</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3 Wasserstoff (CGH<sub>2</sub>)</b> .....	<b>11</b>
<b>3.4 Physikalische Eigenschaften der Gase/Kraftstoffe</b> .....	<b>12</b>
<b>4 FAHRZEUGTECHNIK</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1 Erdgasfahrzeuge</b> .....	<b>14</b>
4.1.1 CNG-Fahrzeuge .....	14
4.1.2 Behälter und Leitungen .....	16
4.1.3 Sicherheitseinrichtungen .....	17
<b>4.2 LNG-Fahrzeuge</b> .....	<b>18</b>
<b>4.3 Flüssiggasfahrzeuge (LPG-Fahrzeug)</b> .....	<b>19</b>
4.3.1 Behälter und Leitungen .....	21
4.3.2 Sicherheitseinrichtungen .....	23
<b>4.4 LPG-Fahrzeuge mit Direkteinspritzung</b> .....	<b>24</b>
<b>4.5 Wasserstofffahrzeuge</b> .....	<b>25</b>
4.5.1 Fahrzeuge mit komprimiertem Wasserstoff (CGH <sub>2</sub> ) .....	26
4.5.2 Sicherheitseinrichtungen bei CGH <sub>2</sub> -Fahrzeugen .....	27
4.5.3 Spannungsführende Teile .....	28
<b>5 ARBEITSSCHUTZMAßNAHMEN BEI ARBEITEN AN GASFAHRZEUGEN</b> .....	<b>29</b>

5.1	Annahme von Gasfahrzeugen .....	31
5.2	Allgemeine Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an nicht gasführenden Teilen .....	35
5.3	Durchführung der GAP .....	35
5.4	Allgemeine Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an der Gasanlage/Nachrüstung .....	35
5.5	Entspannen/Entleeren von Gasanlagen .....	36
5.6	Unfallinstandsetzung von Fahrzeugen mit Gasanlagen.....	38
5.7	Wiederinbetriebnahme .....	38
5.8	Entsorgung von Gastanks .....	38
6	<b>BAULICHE ANFORDERUNGEN AN KFZ-WERKSTÄTTEN .....</b>	<b>40</b>
6.1	<b>Instandsetzung- und Wartungsbereich für Gasfahrzeuge (Gasfahrzeugarbeitsbereich für festgelegte Tätigkeiten) .....</b>	<b>40</b>
6.1.1	Erdgas-/Wasserstoff-Arbeitsbereich (CNG, CGH <sub>2</sub> ) .....	41
6.1.2	Flüssiggas-Arbeitsbereich (LPG) .....	41
6.2	<b>Abstellbereich für Gasfahrzeuge .....</b>	<b>42</b>
6.3	<b>Abblasbereich .....</b>	<b>42</b>
6.3.1	Besonderheit CNG/CGH <sub>2</sub> .....	43
6.3.2	Besonderheit LPG .....	44
6.4	<b>Lagerbereich für ausgebaute und nicht inertisierte Gasbehälter.....</b>	<b>44</b>
6.4.1	Lagerung im Freien .....	44
6.4.1.1	Besonderheit CNG/CGH <sub>2</sub> .....	45
6.4.1.2	Besonderheit LPG.....	45
6.4.2	Lagerung im Gebäude .....	45
7	<b>GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG UND BETRIEBSANWEISUNG.....</b>	<b>46</b>
7.1	<b>Qualifikationen .....</b>	<b>46</b>
8	<b>ANHANG .....</b>	<b>47</b>
9	<b>STICHWORTVERZEICHNIS.....</b>	<b>66</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Pkw-Bestand mit alternativen Antrieben/Kraftstoffen .....	9
Abbildung 3-1:	Physikalische Eigenschaften der Kraftstoffe .....	12
Abbildung 4-1:	Beispiel eines Pkw mit Erdgasanlage – Daimler E 200 NGT (W211) (Quelle: Daimler AG) .....	15
Abbildung 4-2:	Schematische Darstellung einer CNG-Anlage (Quelle: Daimler AG) .....	15
Abbildung 4-3:	CNG-Tankmodul mit Elektromagnetventilen und Handabsperrentilen (Quelle: OSV) .....	16
Abbildung 4-4:	Beispiel für ein gasdichtes Gehäuse um die Behälterverbindungen und Leitungen einer CNG-Anlage .....	17
Abbildung 4-5:	LNG-Fahrzeug IVECO Stralis .....	18
Abbildung 4-6:	Beispiel eines Pkw mit LPG-Anlage (Simultaneinblasendes System) .....	20
Abbildung 4-7:	Schematische Darstellung einer LPG-Anlage .....	20
Abbildung 4-8:	Ausführungsvarianten von LPG-Behältern .....	21
Abbildung 4-9:	Reserveradmuldentank mit Ausrüstungsteilen im Schnitt .....	22
Abbildung 4-10:	Reserveradmuldentank mit geöffnetem (Bild links) und geschlossenem gasdichten Gehäuse (Bild rechts) .....	22
Abbildung 4-11:	Gasdichtes Gehäuse einer LPG-Leitung .....	23
Abbildung 4-12:	Ummantelte LPG-Kupferleitung am Unterboden eines Kraftfahrzeugs ohne gasdichtes Gehäuse .....	23
Abbildung 4-13:	LPG-Flüssiggas Direkteinspritzung (Quelle: Prins) .....	24
Abbildung 4-14:	Hyundai ix35 Fuel Cell mit 700 bar $CGH_2$ -Speichertank (Quelle: Hyundai Motor Europe GmbH) .....	25
Abbildung 4-15:	Verwendung von Wasserstoff in Kraftfahrzeugen .....	26
Abbildung 4-16:	Beispiel Mercedes Benz B-Klasse F-Cell mit komprimiertem Wasserstoff ( $CGH_2$ ) (Quelle: Daimler AG) .....	27
Abbildung 4-17:	Schematische Darstellung eines $CGH_2$ -Systems (Quelle: BGI 5108/Daimler AG) .....	27
Abbildung 4-18:	Omnibus mit Wasserstoffantrieb Citaro FuelCELL (Quelle: Daimler AG) .....	28
Abbildung 5-1:	Erkennen und Vermeidung von Explosionsgefährdungen (Quelle: TRBS 2152/TRGS 720) .....	29
Abbildung 5-2:	Fundstelle der Kraftstoffart in der Zulassungsbescheinigung Teil I .....	32
Abbildung 5-3:	Vom Volkswagenkonzern empfohlene Vorrichtung zum Entspannen von CNG-Tanks. Für das Ablasen ist ein Sicherheitsbereich (10m Radius) abzugrenzen .....	37
Abbildung 5-4:	Vollständige Entleerung eines LPG-Tankbehälters .....	39
Abbildung 6-1:	Abgesperrter Sicherheitsbereich zum Abblasen von LPG (Quelle: Praxisratgeber Tankentleerung bei Flüssiggas (LPG)-Fahrzeugen) .....	43
Abbildung 6-2:	Kennzeichnung für $CGH_2$ -Behälter, Beispiel Opel .....	44

### 1 Begriffsdefinitionen

<b>Abblasbereich</b>	Im Abblasbereich ist mit der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen. Im Abblasbereich sind weitergehende Maßnahmen, durch die eine Entzündung der gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre verhindert wird, festzulegen und zu ergreifen (TRBS 2152/TRGS 720 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre"). Zündquellen sind zu vermeiden.
<b>Abblasen</b>	Unter Abblasen wird das Entspannen/Entleeren des Gastanks über eine Abblasleitung in die Atmosphäre verstanden.
<b>Abfackeln</b>	Beim Abfackeln wird - wie beim Abblasen - der Gastank über eine Leitung in die Atmosphäre entleert. Das austretende Gas wird am Austrittsende der Leitung entzündet. Für das Abfackeln ist am Austrittsende der Leitung ein spezieller "Fackelkopf" zu verwenden.
<b>Boil-off</b>	Erdgas und Wasserstoff können auch in flüssigem Zustand im Fahrzeugtank gespeichert werden. Hierfür müssen sie aber auf sehr tiefe Temperaturen abgekühlt werden. Bei dieser "tiefstgeköhlten" (kryogenen) Kraftstoffspeicherung verdampft jedoch, durch Wärmeeintrag in den Kraftstofftank, praktisch kontinuierlich eine geringe Menge des flüssigen Kraftstoffs, wobei sich das sogenannte Boil-off-Gas bildet.
<b>Boil-off-Management</b>	Ein sicheres "Boil-off-Management" sorgt z.B. durch Verdünnung oder katalytische Umsetzung der betriebsbedingten Abgabe des boil-off-Gas dafür, dass diese keinerlei Gefahr mehr für die Umgebung darstellt.
<b>Entspannen</b>	Beim Entspannen einer Gasanlage/eines Gastanks wird der Gasdruck in Teilen der Gasanlage, z.B. im Gastank, dem kompletten Hochdruckbereich oder dem Niederdruckbereich bis auf den Atmosphärendruck (Umgebungsdruck) abgesenkt. Nach dem Entspannen sind noch Restmengen von Gas in den betroffenen Bauteilen vorhanden.
<b>Explosion</b>	Bei einer Explosion handelt es sich um eine Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit einem plötzlichen Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beiden gleichzeitig. Dabei kommt es zu einer plötzlichen Volumenausdehnung von Gasen und der Freisetzung von großen Energiemengen auf kleinem Raum. Die plötzliche Volumenvergrößerung verursacht eine Druckwelle, die im Falle einer Eindämmung noch verstärkt wird.

## 1 Begriffsdefinitionen

---

<b>Explosionsfähige Atmosphäre</b>	<p>Explosionsfähige Atmosphäre ist ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich ein Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. Als atmosphärische Bedingungen im Sinne dieser Technischen Regel gelten Gesamtdrücke von 0,8 bar bis 1,1 bar und Gemischtemperaturen von -20 °C bis + 60 °C.</p> <p><b>Bemerkung:</b> "Übertragung auf das gesamte unverbrannte Gemisch" ist im Sinne einer selbstständigen Fortpflanzung der Reaktion zu verstehen.</p>
<b>Explosionsgefährdeter Bereich</b>	<p>Als explosionsgefährdeter Bereich wird ein Bereich bezeichnet, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Ein Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre nicht in einer solchen Menge zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt nicht als explosionsgefährdeter Bereich.</p>
<b>Feuer</b>	<p>Als Feuer wird die Flammenbildung bei der Verbrennung (Oxidation mit geringer Geschwindigkeit) eines brennbaren Stoffes unter Abgabe von Wärme und Licht bezeichnet.</p>
<b>Gasfahrzeugarbeitsbereich für festgelegte Tätigkeiten</b>	<p>Im Gasfahrzeugarbeitsbereich können festgelegte Tätigkeiten durchgeführt werden, bei denen kontrolliert kleine Mengen Gas freigesetzt werden. Bei diesen Arbeiten entsteht keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.</p>
<b>Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre</b>	<p>Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist eine explosionsfähige Atmosphäre, die in einer solchen Menge (gefährdrohende Menge) auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten oder Dritter erforderlich werden.</p>
<b>Normliter [NL]</b>	<p>Ein Normliter ist das Gasvolumen, das unter physikalischen Normalbedingungen (273,15 K = 0 °C, 1,01325 bar) einen Liter ausfüllt.</p>
<b>Unterweisung</b>	<p>Unter Unterweisung versteht man die methodische Vermittlung der zur Erfüllung einer Arbeitsaufgabe notwendigen Fertigkeiten, Kenntnisse und Erfahrungen. Bei der Unterweisung liegt das Hauptgewicht auf der Vermittlung von Verhaltensweisen und Verantwortungsbewusstsein.</p>
<b>Verpuffung</b>	<p>Oft wird bei einer Explosion ohne nennenswertes Schadensausmaß der Begriff Verpuffung verwendet. Damit wird eine Explosion beschrieben, bei der die Verbrennungsreaktion zwar zu einer Volumenerweiterung, nicht aber zu einem relevanten Druckaufbau führte. Zu beobachten bei Arbeiten an der Gasanlage mit geringer Gasfreisetzung und anschließender Explosion im Motorraum bei geöffneter Motorhaube.</p>



## 2 Einführung

In den vergangenen Jahren hat die Elektromobilität in der öffentlichen Diskussion und in den Medien andere Alternativen zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei Kraftfahrzeugen in den Hintergrund gedrängt. Allerdings ist es nach wie vor so, dass auch Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die mit Erdgas oder Flüssiggas betrieben werden, zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung eine hervorragende Alternative darstellen.

Speziell Erdgas, das, wenn es aus regenerativen Quellen stammt, auch als Biogas bezeichnet wird, bietet noch erhebliches Potenzial, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen, also die klimawirksamen Gase, erheblich zu reduzieren. Chemisch gesehen besteht Erdgas, aber auch Biogas, im Wesentlichen aus Methan. Methan hat die kürzeste Kohlenwasserstoffkette und ist somit der Kraftstoff, bei dem der CO<sub>2</sub>-Anteil im Abgas im Vergleich zum Wasseranteil am geringsten ist. Nur durch die Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff können die schädlichen Abgasemissionen noch weiter gesenkt werden. Darüber hinaus entsteht Methan bei allen natürlichen Gär- und Faulprozessen, so dass es in Biogasanlagen aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. auch aus Abfallstoffen hergestellt werden kann.

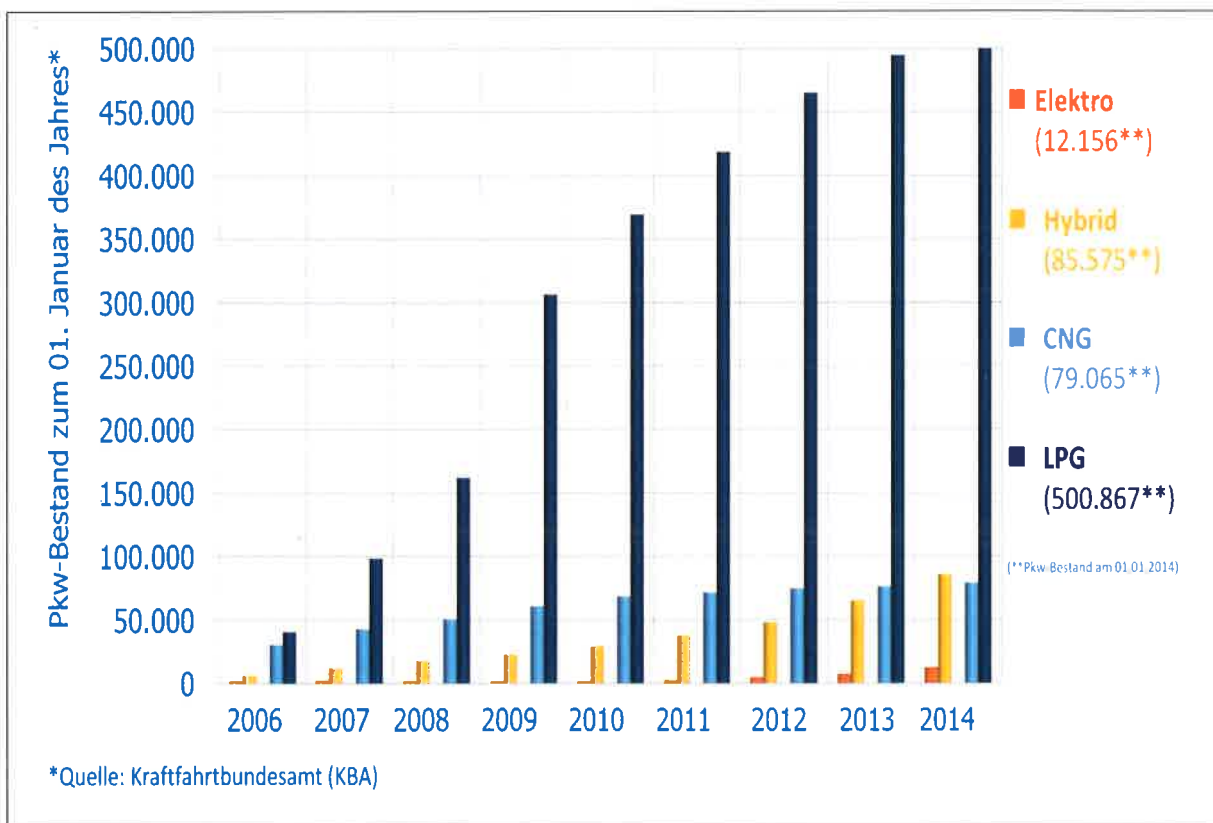


Abbildung 2-1: Pkw-Bestand mit alternativen Antrieben/Kraftstoffen

Bei Betrachtung der Bestandszahlen an Fahrzeugen mit alternativen Antrieben spielt allerdings Flüssiggas noch immer eine herausragende Rolle. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass Flüssiggasanlagen mit erheblich geringerem Aufwand nachrüstbar sind als Erdgasanlagen. Auch Flüssiggas hat gegenüber den flüssigen Kraftstoffen Benzin und Diesel einen geringeren CO<sub>2</sub>-Anteil im Abgas. Allerdings ist sein CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial nicht so groß wie beim Erdgas.

## 2 Einführung

---

Betrachtet man die Zulassungszahlen bei den reinen Elektrofahrzeugen und Hybridfahrzeugen, ist zu erkennen, dass auch hier erhebliche Zuwachsraten zu verzeichnen sind. Der Bestand an Hybridfahrzeugen lag zum 01.01.2014 erstmals über dem Bestand bei Erdgasfahrzeugen.

Da aktuell aber auch von immer mehr Fahrzeugherstellern Serienfahrzeuge mit Erdgasanlagen angeboten werden, ist davon auszugehen, dass die Zulassungszahlen auch hier in den kommenden Jahren noch einmal erheblich ansteigen werden.

Auch Wasserstoff, der als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge bisher eher in Science-Fiction-Filmen zu finden war, spielt in der Realität zunehmend eine Rolle. Im Juli 2014 waren in Deutschland 161 Wasserstofffahrzeuge mit einer "normalen" Zulassung für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassen. Es ist davon auszugehen, dass Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellen, die quasi als Range Extender in Hochvolt-Fahrzeugen eingesetzt werden, in den kommenden Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen wird.

Letztendlich müssen sich auch immer mehr Kfz-Werkstätten darauf einstellen, dass Fahrzeuge, in denen Gas als Kraftstoff eingesetzt wird, für die Durchführung von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten in ihre Werkstätten kommen. Obwohl Gas kein höheres Gefährdungspotenzial als z.B. Benzin hat, sind doch einige andere Randbedingungen zu beachten. Um allen Unternehmern und Mitarbeitern im Kfz-Gewerbe die Möglichkeit zu geben, sich möglichst praxisgerecht darüber zu informieren, was bei der Arbeit an Fahrzeugen mit Gasanlagen beachtet werden muss und wie Arbeitsunfälle vermieden werden können, wurde der Praxisratgeber "Arbeitsicherheit und Gasfahrzeuge" nun mit Unterstützung der Berufsgenossenschaften und der Automobilindustrie erneut überarbeitet.

In dem vorliegenden Praxisratgeber wurde weitestgehend eine geschlechtsneutrale Formulierung gewählt. Sofern einzelne Begriffe, wie z.B. Arbeitgeber oder Unternehmer, die auch in den geltenden Arbeitsschutzvorschriften verwendet werden, genannt werden, sind diese geschlechtsneutral gemeint. Die jeweiligen Hinweise betreffen natürlich alle Personen in den entsprechenden Funktionen.

### 3 Kraftstoffe

Bei Gasanlagen muss man zwischen den verschiedenen Gasarten und Anlagenarten unterscheiden. Aufgrund der heute zur Verfügung stehenden Technik können Kraftfahrzeuge mit folgenden Gasarten angetrieben werden:

- ⇒ Erdgas (CNG, LNG)
- ⇒ Flüssiggas (LPG)
- ⇒ Wasserstoff (LH<sub>2</sub>, CGH<sub>2</sub>)

#### 3.1 Erdgas (CNG, LNG)

Erdgas besteht im Wesentlichen aus Methan (CH<sub>4</sub>), das von allen Kohlenwasserstoffen den höchsten Wasserstoffgehalt - und somit den geringsten Kohlestoffgehalt - aufweist. Aus diesem Grund kann durch den Einsatz von Erdgas neben den Schadstoffen Kohlenwasserstoff (HC), Stickoxid (NOx) und Kohlenmonoxid (CO) auch der Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Anteil im Abgas erheblich reduziert werden. Hieraus folgt, dass der Einsatz von Erdgas von der Politik unterstützt wird.

Erdgas wird in Deutschland in zwei Formen angeboten, dies sind CNG (Compressed Natural Gas) und LNG (Liquefied Natural Gas).

- ⇒ CNG wird in Deutschland mit einem Tankdruck von ca. 200 bar angeboten.
- ⇒ LNG, also verflüssigtes Erdgas, wird bei unter -162 °C im Tank des Fahrzeugs gespeichert. LNG spielt zurzeit in Deutschland eine untergeordnete Rolle.

#### 3.2 Flüssiggas (LPG)

Flüssiggas (LPG = Liquefied Petroleum Gas) wird auch als Autogas bezeichnet. Bei LPG handelt es sich um ein Gemisch aus Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) und Butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>).

In Deutschland beträgt der Anteil von Propan meistens ca. 40 Vol. % bis 60 Vol. %. Es werden auch Gemische bis 95 Vol. % Propan angeboten. Durch den Einsatz von Flüssiggas können, wie beim Erdgas, die Schadstoffanteile (HC, NOx und CO) im Abgas erheblich reduziert werden, jedoch ist das Potenzial zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung in der motorischen Verbrennung nicht so groß wie bei Erdgas.

LPG wird flüssig im Gastank gespeichert. Bei einer Temperatur von 20 °C verflüssigt sich LPG, in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis, bei einem Druck (Tankdruck) von ca. 6 bar bis 8 bar. Bei Erwärmung auf 50 °C erhöht sich der Tankdruck auf ca. 12 bar bis 16 bar.

### 3 Kraftstoffe

#### 3.3 Wasserstoff (CGH<sub>2</sub>)

Der Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge befindet sich noch im Entwicklungsstadium. Da Wasserstoff allerdings das absolut größte Potenzial zur Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Minimierung bietet und darüber hinaus aus regenerativen Energiequellen gewonnen werden kann, wird die Entwicklung von Wasserstofffahrzeugen sowohl von der Politik als auch der Fahrzeugindustrie stark forciert.

Wasserstoff wird in zwei Formen gespeichert:

- ➔ CGH<sub>2</sub> (Compressed Gaseous Hydrogen) wird mit einem Tankdruck bis 700 bar (bei 15 °C) gasförmig gespeichert.
- ➔ LH<sub>2</sub> (Liquefied Hydrogen) wird bei ca. -253 °C in flüssigem Zustand im Fahrzeugtank gespeichert.

Wasserstoff kann als Kraftstoff für konventionelle Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen verwendet werden. In den vergangenen Jahren wurden in verschiedenen Projekten (z.B. CEP - Green Energy Partnership) unterschiedliche Konzepte, sowohl in Bezug auf die Speicherung des Wasserstoffs (CGH<sub>2</sub> oder LH<sub>2</sub>) als auch auf seine Verwendung im Verbrennungsmotor bzw. in Brennstoffzellen, erprobt. Aktuell wird in Prototypen und bei Kleinserienfahrzeugen sowohl in Pkw als auch in Nutzfahrzeugen/Bussen Wasserstoff fast ausschließlich als CGH<sub>2</sub> gespeichert und in Brennstoffzellen verwendet.

#### 3.4 Physikalische Eigenschaften der Gase/Kraftstoffe

In der nachfolgenden Abbildung sind die physikalischen Eigenschaften von Erdgas, Flüssiggas, Wasserstoff und Superbenzin aufgeführt:

	CNG/LNG Erdgas	LPG Flüssiggas	LH <sub>2</sub> /CGH <sub>2</sub> Wasserstoff	Superbenzin
<b>Dichte in kg/m<sup>3</sup></b>				
(normal) bei 273,15 K/0 °C; 1,013 bar	0,83	2,25	0,0899	820 (flüssig)
flüssig	470	585	71	
<b>Explosionsgrenze/Zündgrenze in Vol. % Gas in Luft</b>				
Untere	4,1	1,5	4	0,6
Obere	16,5	15	77	8
<b>Zündtemperatur</b>	ca. 520 °C	ca. 515 °C	ca. 560 °C	ca. 400 °C

Abbildung 3-1: Physikalische Eigenschaften der Kraftstoffe

### 3 Kraftstoffe

---

Wie die Abbildung zeigt, haben die unterschiedlichen, derzeit in Verwendung befindlichen Kraftstoffarten unterschiedliche physikalische Eigenschaften. Hieraus folgt, dass auch bei der Arbeit an Kraftstoffanlagen unterschiedliche Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen, damit es nicht zu einem Brand oder zu einer Explosion durch austretenden Kraftstoff (gasförmig oder flüssig) kommen kann.

Die **Dichte** von Luft liegt unter normalen Bedingungen bei ca.  $1,3 \text{ kg/m}^3$ .

Da **Erdgas** leichter und **Wasserstoff** sogar erheblich leichter als Luft ist, steigen diese beiden Gase, wenn sie frei werden sollten, schnell nach oben unter die Werkstattdecke. Erreicht hier die Konzentration des Gases in der Luft die untere **Zündgrenze**, ist eine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden. Mit einer Zündquelle oberhalb der **Zündtemperatur** lässt sich diese Atmosphäre zünden und es kommt zur Explosion.

**Flüssiggas** ist wie Benzindampf schwerer als Luft, d.h. es sammelt sich beim Freiwerden in Bodenvertiefungen, wie z.B. Arbeitsgruben, Kanälen oder tiefer gelegenen Werkstattbereichen. Bei LPG kann es also in Bodennähe - wie bei Benzindämpfen - zu einer Entzündung kommen, wenn die Konzentration innerhalb der Zündgrenzen liegt.

### 4 Fahrzeugtechnik

Erdgas- und Flüssiggasfahrzeuge sind bereits seit einigen Jahren im öffentlichen Straßenverkehr keine Ausnahme mehr. Wasserstofffahrzeuge sind heute zwar noch sehr selten anzutreffen, es ist jedoch davon auszugehen, dass die Anzahl der zugelassenen Wasserstofffahrzeuge in den kommenden Jahren ansteigen wird. Infolge der steigenden Zulassungszahlen bei Gasfahrzeugen steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass diese Fahrzeuge in Kfz-Werkstätten anzutreffen sind.

Sofern an diesen Fahrzeugen nur allgemeine Instandhaltungsarbeiten durchzuführen sind, bei denen nicht an gasführenden Bauteilen/Komponenten gearbeitet wird, und keine Hinweise für Undichtigkeiten an der Gasanlage vorliegen, können sie wie andere Fahrzeuge behandelt werden. Wichtig ist allerdings, dass die Beschäftigten, die die Arbeiten durchführen, unterwiesen sind, welche Bauteile/Komponenten gasführend sind.

#### 4.1 Erdgasfahrzeuge

Wie bereits beschrieben, kann Erdgas als CNG oder LNG in Fahrzeugtanks gespeichert werden. In Pkw wird derzeit fast ausschließlich CNG eingesetzt. LNG findet in erster Linie bei Nutzfahrzeugen Anwendung.

##### 4.1.1 CNG-Fahrzeuge

Eine CNG-Anlage besteht im Wesentlichen aus folgenden gasführenden Bauteilen, die bei den verschiedenen Herstellern zum Teil unterschiedlich bezeichnet werden:

- ➔ Einfüllvorrichtung (Füllanschluss)
- ➔ Behälter (Zylinder/Gastank)
- ➔ Ventile
- ➔ Starre oder flexible Kraftstoffleitungen
- ➔ Rohrverbindungen



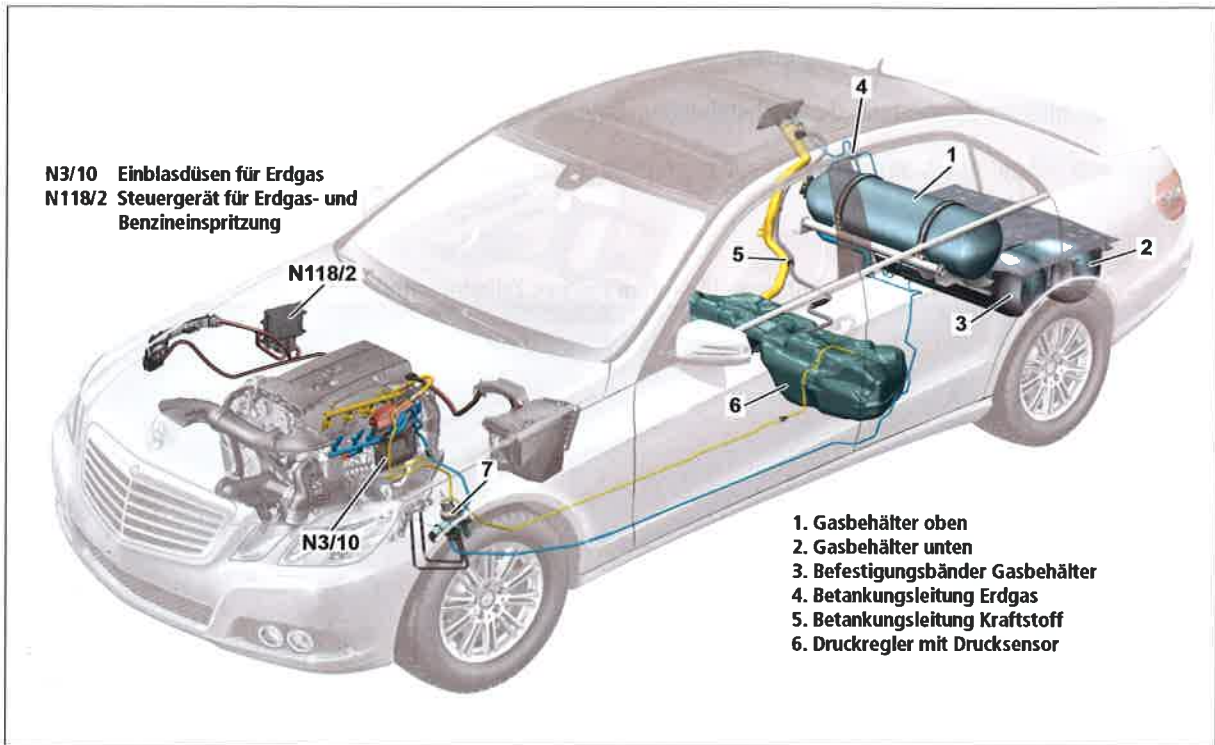


Abbildung 4-1: Beispiel eines Pkw mit Erdgasanlage – Daimler E 200 NGT (W211) (Quelle: Daimler AG)

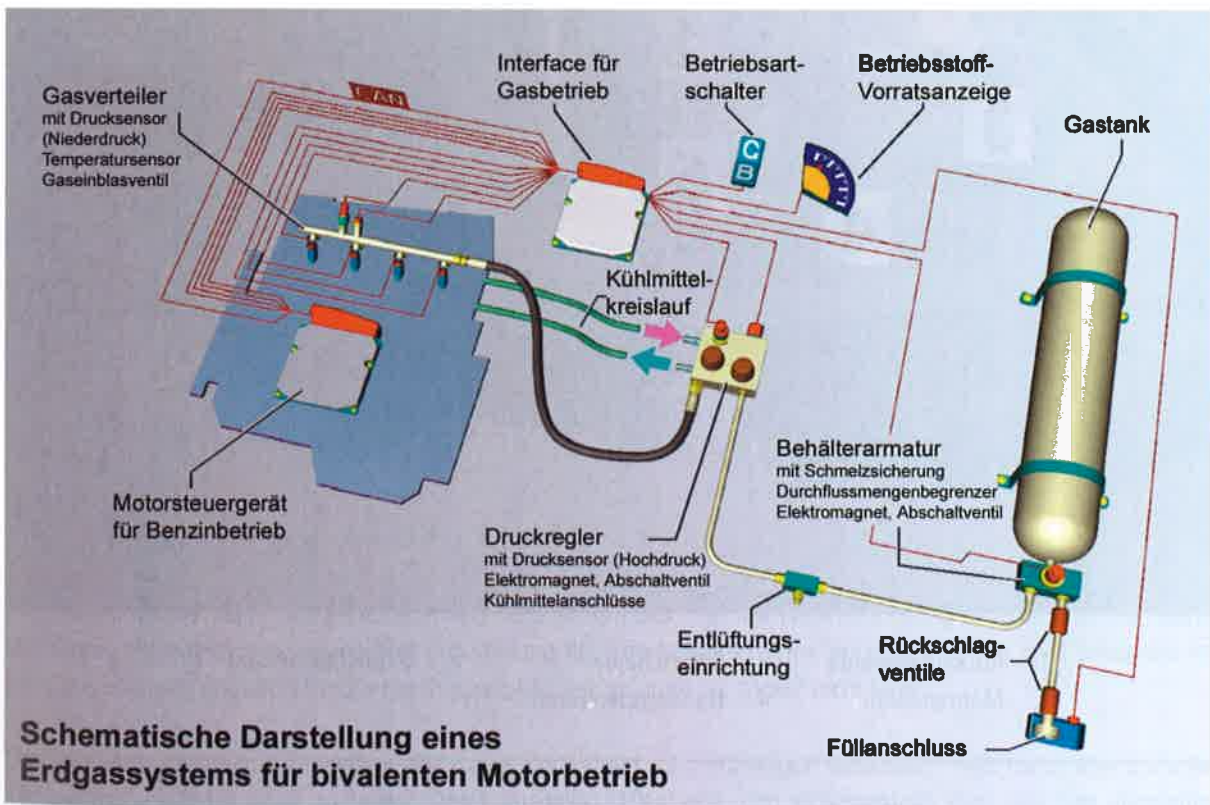
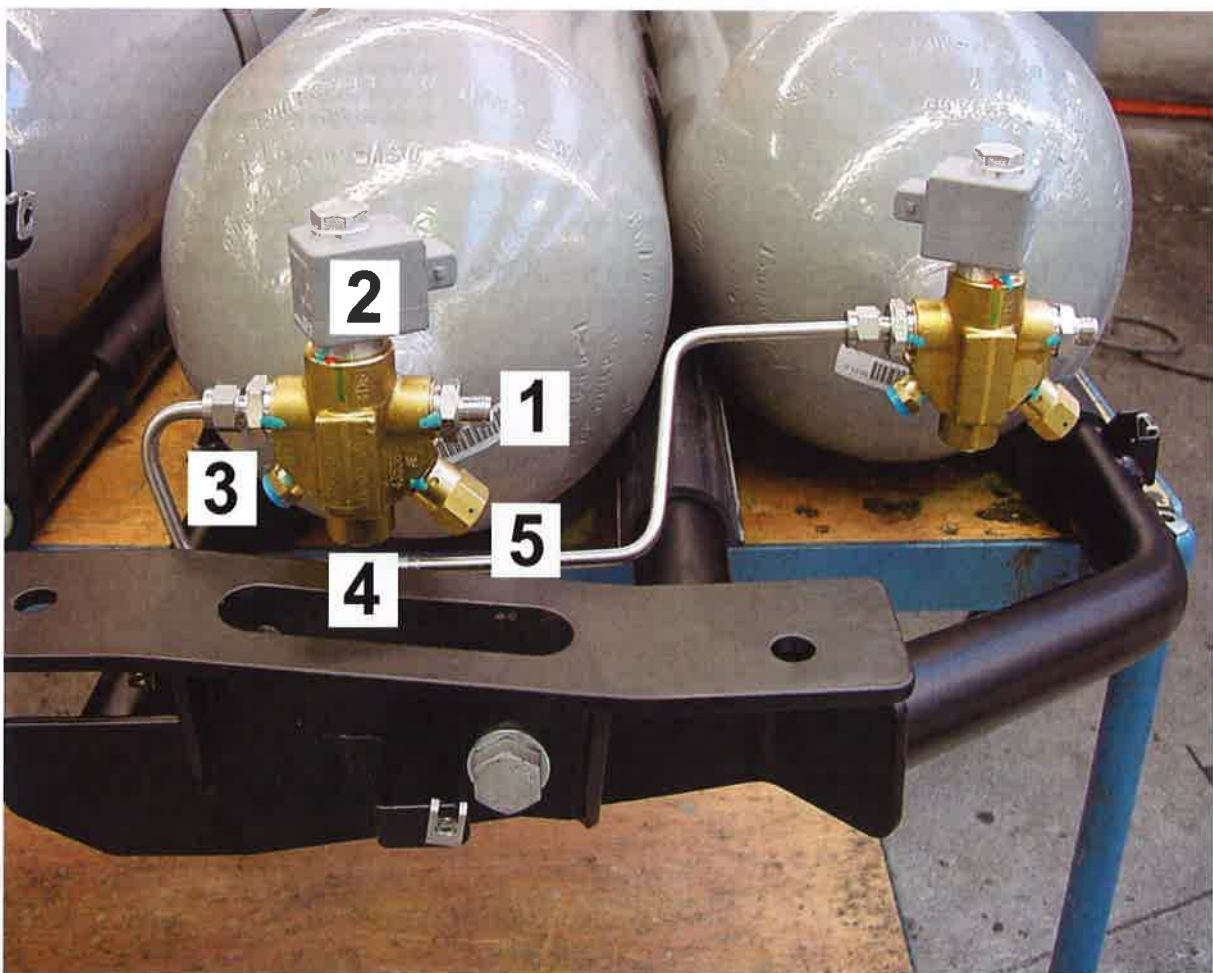


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung einer CNG-Anlage (Quelle: Daimler AG)

### 4.1.2 Behälter und Leitungen

Am Behälter müssen mindestens die nachstehenden Bauteile entweder getrennt oder zusammen angebracht sein:

- ⇒ Handbetätigtes Ventil
- ⇒ Ferngesteuertes Versorgungsventil (automatisches Zylinderventil)
- ⇒ Druckminderer (temperaturgesteuert) und Überströmventil
- ⇒ Sperr- oder Rückschlagventil



- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Rückschlagventil | 3. Berstscheibe     | 5. Schmelzsicherung |
| 2. Magnetventil     | 4. Handabsperrentil |                     |

Abbildung 4-3: CNG-Tankmodul mit Elektromagnetventilen und Handabsperrentilen (Quelle: OSV)



## 4 Fahrzeugtechnik

---

Bei Behältern, die nicht außen am Fahrzeug angebracht sind, muss über den Behälterverbindungen ein gasdichtes Gehäuse angebracht sein. Das gleiche gilt für CNG-Leitungen im Fahrgastraum oder in einem geschlossenen Gepäckraum.

Ein "gasdichtes Gehäuse" ist eine Einrichtung mit Entlüftungsschlauch, durch die austretendes Gas aus dem Fahrzeug herausgeleitet wird.

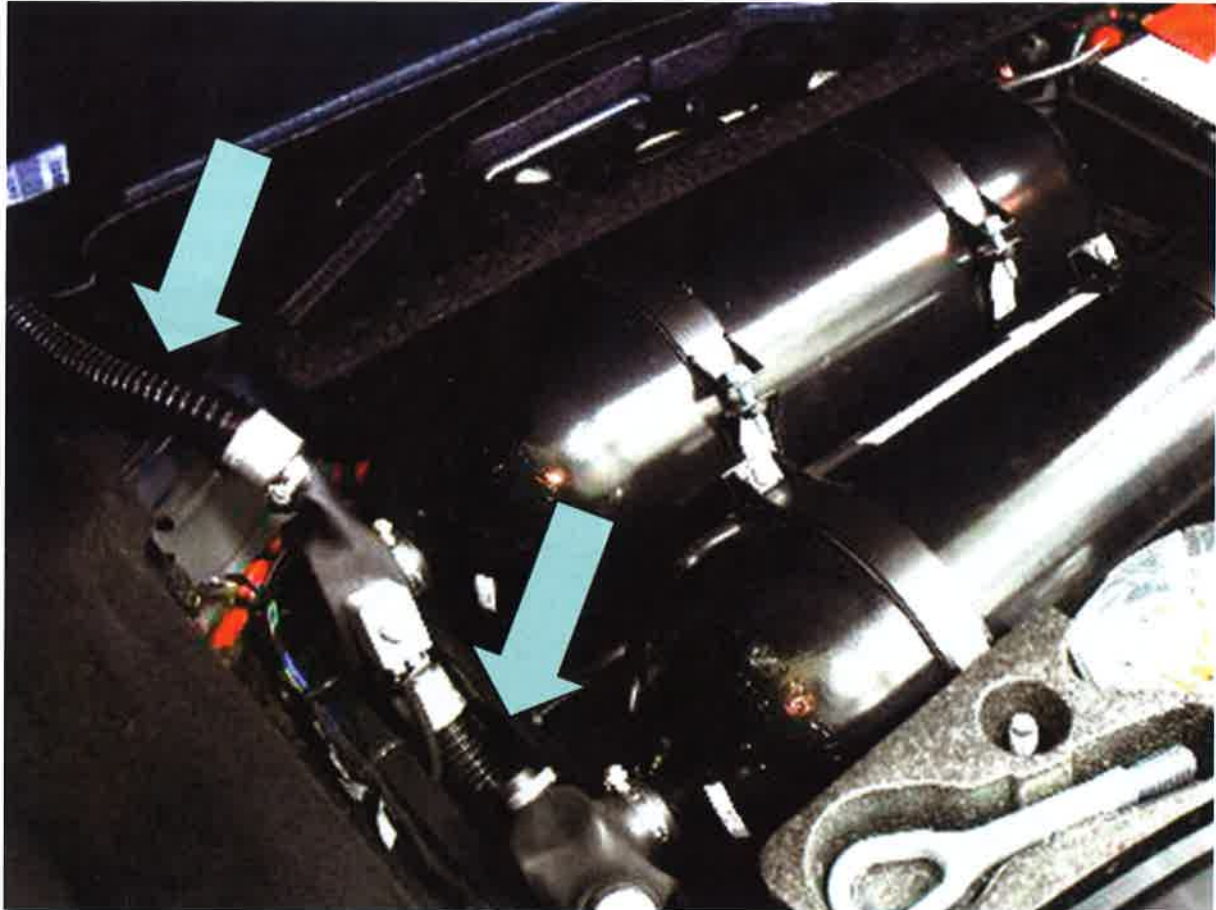


Abbildung 4-4: Beispiel für ein gasdichtes Gehäuse um die Behälterverbindungen und Leitungen einer CNG-Anlage

### 4.1.3 Sicherheitseinrichtungen

Das automatische Ventil des Behälters muss so arbeiten, dass die Kraftstoffversorgung unterbrochen ist, wenn der Motor abgestellt wird, ungeachtet der Stellung des Zündschalters. Eine Verzögerung von zwei Sekunden ist für die Erkennung erlaubt. Es muss geschlossen bleiben, solange der Motor nicht läuft.

Der temperaturgesteuerte Druckminderer - eine Einrichtung zum einmaligen Gebrauch - wird durch eine zu hohe Temperatur und/oder einen zu hohen Druck ausgelöst. Hierdurch wird sichergestellt, dass das Gas abgeleitet wird, um den Behälter/Zylinder vor Bruch zu schützen. Als Druckminderer werden z.B. Berstscheiben oder Schmelzsicherungen verwendet.

### 4.2 LNG-Fahrzeuge

Bisher sind zumindest in Deutschland nur sehr wenige Fahrzeuge zugelassen, bei denen Erdgas in flüssiger Form als LNG (Liquefied Natural Gas) in einem speziellen Tank gespeichert wird. Allerdings werden entsprechende Anlagen von mehreren Nutzfahrzeugherstellern derzeit erprobt. Mit ersten Kleinserienfahrzeugen ist in absehbarer Zeit zu rechnen.

Die Speicherung von Erdgas in flüssiger Form hat gegenüber der "Druckspeicherung" den Vorteil, dass ein größerer Kraftstoffvorrat im Fahrzeug mitgeführt werden kann. Allerdings muss das LNG hierbei mit einer Temperatur von unter  $-162\text{ °C}$  im Fahrzeugtank gespeichert werden. Hierfür sind Tanks mit hervorragenden Isoliereigenschaften notwendig. Da die Temperatur von  $-162\text{ °C}$  nicht auf Dauer gewährleistet werden kann und es damit in den LNG-Tanks nicht zu einem übermäßigen Druckanstieg kommt, müssen LNG-Tanks über ein Entlastungsventil in gewissen, nicht regelmäßigen Zeitabständen Erdgas ablassen.



Abbildung 4-5: LNG-Fahrzeug IVECO Stralis

## 4 Fahrzeugtechnik

---

Sofern an LNG-Fahrzeugen gearbeitet werden muss, gilt grundsätzlich das Gleiche wie für Arbeiten an konventionellen CNG-Fahrzeugen. Zusätzlich sind aber folgende Punkte zu beachten:

1. Da damit gerechnet werden muss, dass der LNG-Tank auch während des Aufenthaltes in der Werkstatt über die Entlastungsleitung Erdgas freisetzt, muss sichergestellt werden, dass dieses Erdgas sicher aus der Werkstatt abgeleitet wird. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist in jedem Einzelfall zu prüfen, ob und unter welchen Bedingungen das "boil-off-Gas" sicher abgeleitet werden kann. Die Herstellervorgaben und das Boil-off-Management sind hierbei zu beachten. Mögliche Lösungen sind:

- ➔ Kontinuierliche Lüftung in der Nähe der Austrittsstelle der Entlastungsleitung.
- ➔ Sensorgesteuerte technische Lüftung, die das Austreten des Erdgases möglichst nah am Ablasspunkt absaugt und ins Freie leitet.
- ➔ Direktes Ableiten des an der Entlastungsleitung austretenden Erdgases über Schlauchverbindungen und Ableitung nach außen.

Ob die Lüftung unter Umständen explosionsgeschützt ausgeführt sein muss, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen.

2. Sofern auch nur kleine Mengen flüssigen Erdgases durch Öffnungen der Schraubverbindungen freigesetzt werden, kann es zu Kaltverbrennungen kommen. Bei Arbeiten in diesem Bereich sind auf jeden Fall Schutzhandschuhe, Schürze und Gesichtsschutz zu benutzen.

3. Wenn das LNG-Fahrzeug auch nur kurze Zeit mit LNG betrieben wird, kommt es zu massiven Abkühlungen der LNG-Endrohrleitung. Bei Berühren der Leitung kann es zum Festfrieren, z.B. der Hände, kommen.

Da an LNG-Fahrzeugen bisher nur selten in Kfz-Werkstätten gearbeitet wird, liegen bisher auch noch keine allgemeinen Informationen für die Arbeiten vor. Im Einzelfall muss daher im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung und entsprechend der Herstellerinformationen betriebsindividuell festgelegt werden, welche Schutzmaßnahmen umgesetzt werden müssen.

### 4.3 Flüssiggasfahrzeuge (LPG-Fahrzeug)

Der Aufbau einer LPG-Anlage entspricht im Wesentlichen dem einer CNG-Anlage. Wesentlicher Unterschied ist, dass der Kraftstoff bei CNG-Anlagen gasförmig und bei LPG-Anlagen flüssig im Behälter gespeichert wird.

LPG wird wie CNG bei den meisten heute gebräuchlichen Anlagen gasförmig eingeblasen. Aus diesem Grund verfügen LPG-Anlagen zusätzlich über einen Verdampfer. Dieser übernimmt bei LPG-Anlagen auch die Funktion des Druckreglers.

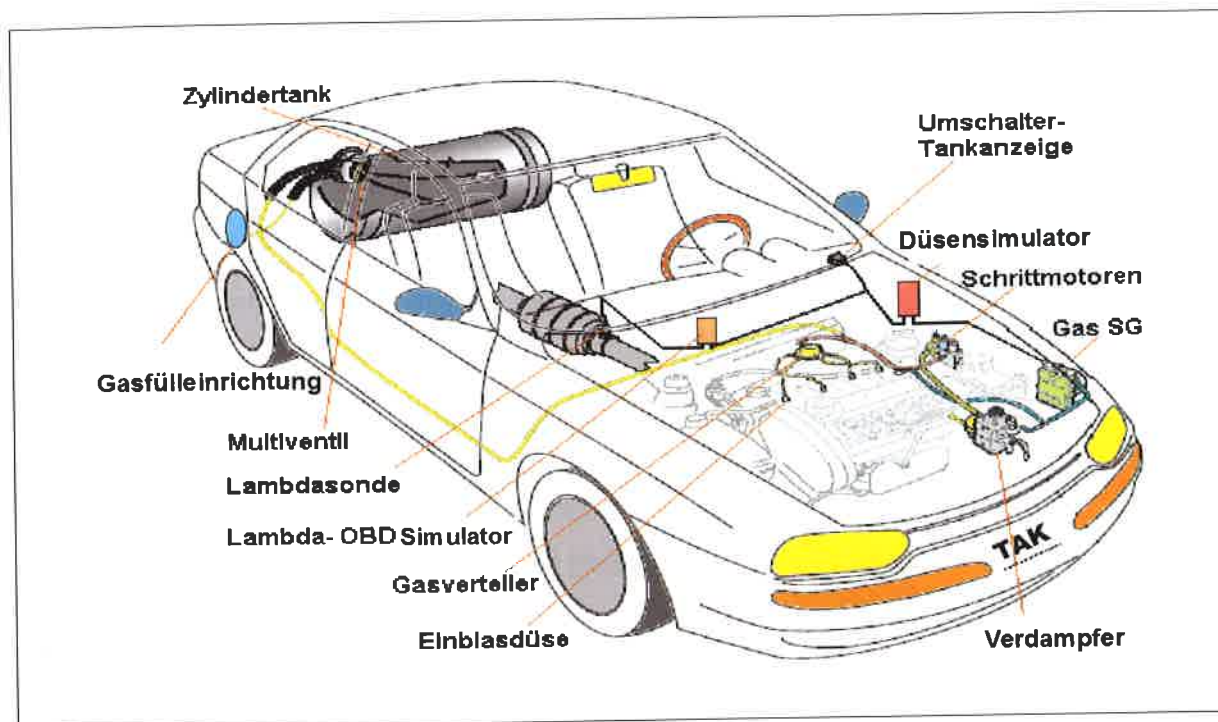


Abbildung 4-6: Beispiel eines Pkw mit LPG-Anlage (Simultaneinblasendes System)

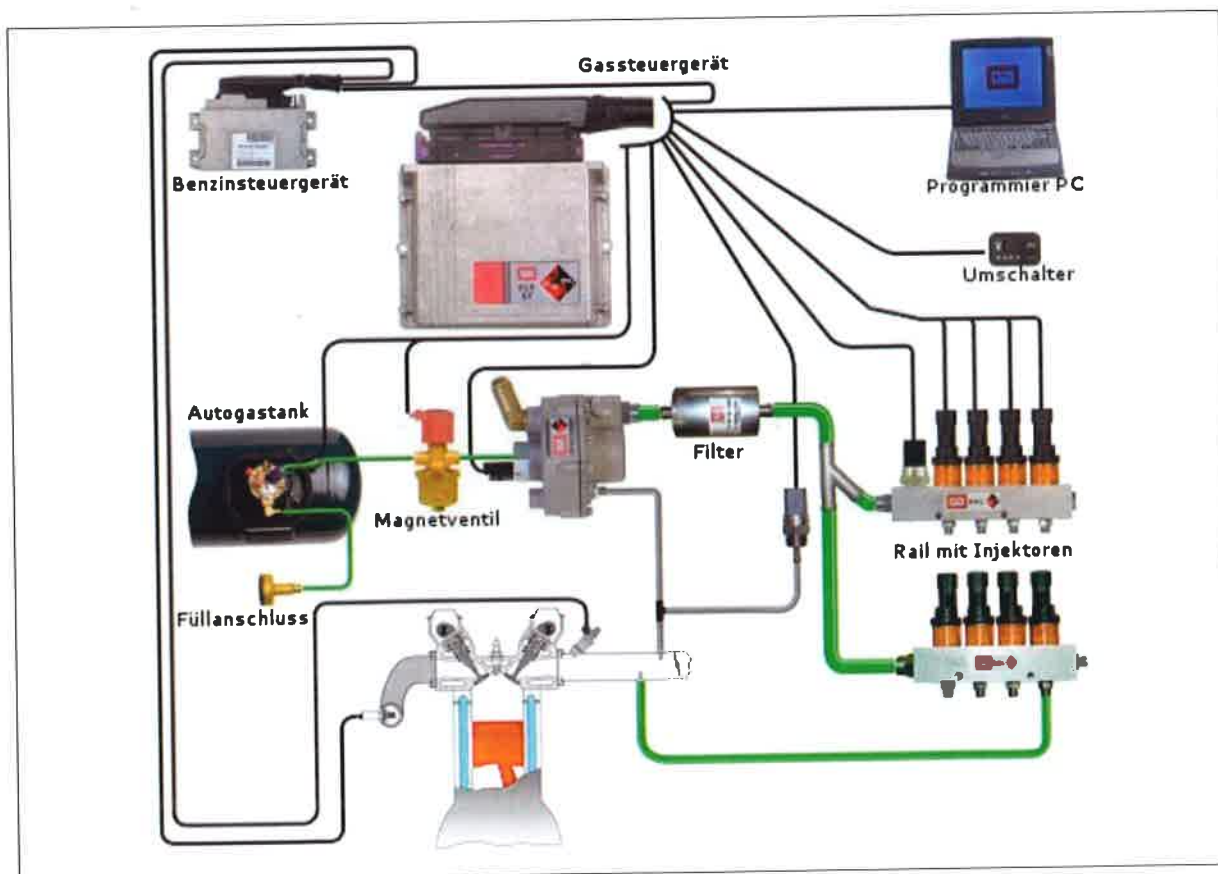


Abbildung 4-7: Schematische Darstellung einer LPG-Anlage



### 4.3.1 Behälter und Leitungen

Da das flüssige LPG bei einem erheblich geringeren Druck als CNG im Behälter/Tank gespeichert wird, können neben den Zylindertanks auch andere Tankformen verwendet werden. Gerade bei der Nachrüstung werden oft die so genannten "Reserveradmuldentanks" eingesetzt.



Abbildung 4-8: Ausführungsvarianten von LPG-Behältern

Der Behälter muss mit folgenden einzelnen oder kombinierten (Mehrfachventilen) Ausrüstungsteilen ausgestattet sein:

- ➔ 80%-Füllstoppventil  
(Würden LPG-Behälter zu 100% mit flüssigem LPG befüllt, hätte dies - da die Behälter betriebsmäßig dicht sind - zur Folge, dass bereits ein geringer Temperaturanstieg zum Bersten des Behälters führen würde. Aus diesem Grund muss immer sichergestellt sein, dass sich über dem flüssigen LPG ein "Gaspolster" befindet. Um ein Übertanken zu verhindern, müssen LPG-Behälter mit einem "80%-Füllstoppventil" ausgerüstet sein.)
- ➔ Füllstandsanzeiger
- ➔ Überdruckventil (Ablassventil)
- ➔ Ferngesteuertes Versorgungsventil mit Überströmventil
- ➔ Gasdichtes Gehäuse am Druckbehälter

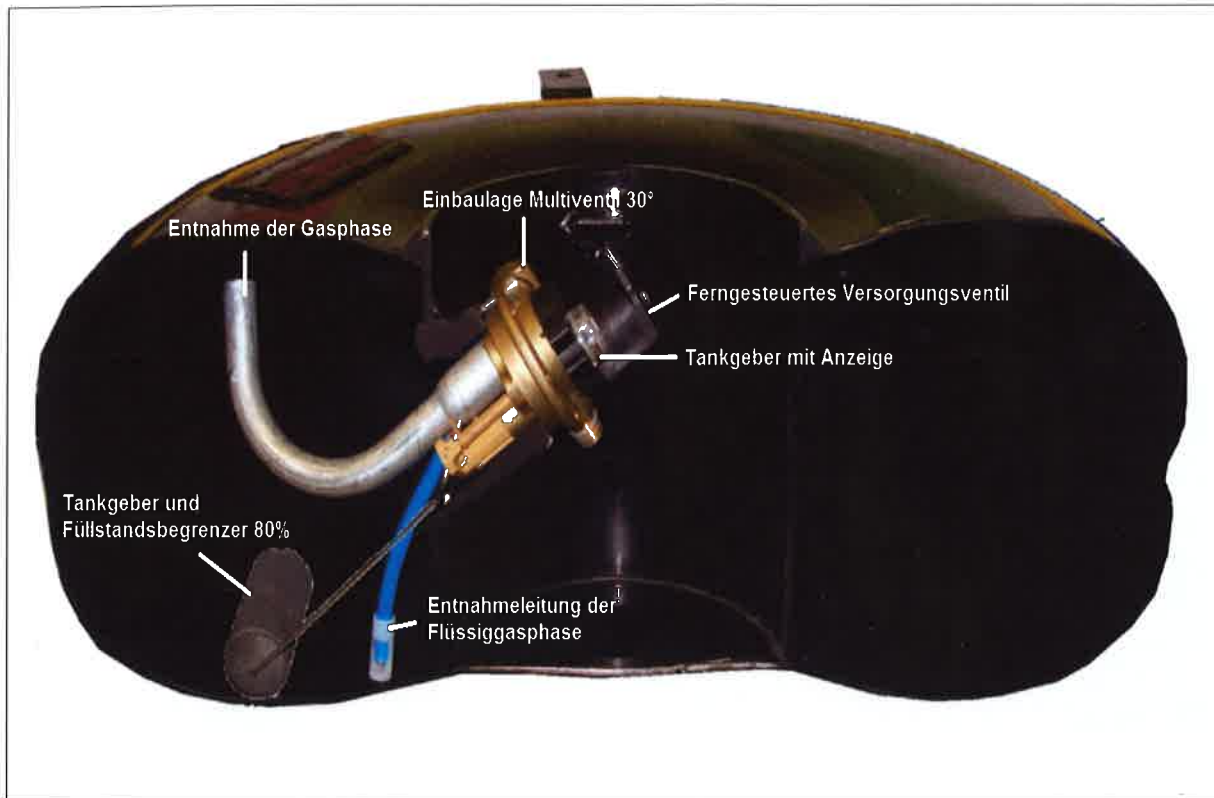


Abbildung 4-9: Reserveradmulentank mit Ausrüstungsteilen im Schnitt

Die für CNG-Anlagen geltenden Vorgaben für die gasdichten Gehäuse gelten für LPG-Anlagen entsprechend.



Abbildung 4-10: Reserveradmulentank mit geöffnetem (Bild links) und geschlossenem gasdichten Gehäuse (Bild rechts)

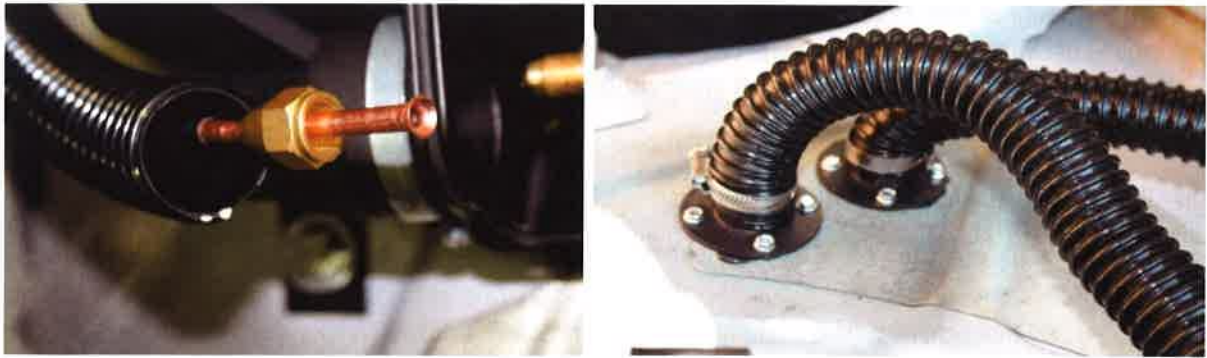


Abbildung 4-11: Gasdichtes Gehäuse einer LPG-Leitung



Abbildung 4-12: Ummantelte LPG-Kupferleitung am Unterboden eines Kraftfahrzeugs ohne gasdichtes Gehäuse

### 4.3.2 Sicherheitseinrichtungen

Durch Ansteuerung des Versorgungsventils mit Überströmventil wird die LPG-Zufuhr zum Verdampfer hergestellt oder unterbrochen. Ferngesteuert bedeutet, dass das Versorgungsventil von einem Steuergerät elektronisch angesteuert wird. Das ferngesteuerte Versorgungsventil wird so gesteuert, dass es bei Motorstillstand selbsttätig schließt und ungeachtet der Zündschlüsselstellung während der Stillstandszeit des Motors geschlossen bleibt. Das Überströmventil ist eine Einrichtung zur Begrenzung des LPG-Stroms.

In der Versorgungsleitung zwischen dem LPG-Behälter und dem Verdampfer ist möglichst nahe am Verdampfer ein ferngesteuertes Abschaltventil eingebaut. Das ferngesteuerte Abschaltventil kann im Verdampfer integriert sein. Es kann auch an einer vom Hersteller der LPG-Anlage bestimmten Stelle im Motorraum eingebaut sein, wenn zwischen dem Druckregler und dem LPG-Behälter eine Kraftstoffrückführung vorhanden ist.

## 4 Fahrzeugtechnik

Das Abschaltventil ist eine Einrichtung zur Sperrung des LPG-Stroms. Es muss so eingebaut sein, dass die LPG-Versorgung bei Motorstillstand oder, wenn das Fahrzeug noch eine weitere Kraftstoffanlage (z.B. Benzin) besitzt, beim Umschalten auf den anderen Kraftstoff unterbrochen wird. Für Diagnosezwecke ist eine Verzögerung von 2 Sekunden zulässig.

Die Drucksicherungseinrichtung ist eine Berstsicherungseinrichtung für den Behälter, die im Brandfall das enthaltene LPG ablässt. Als Druckbegrenzungseinrichtungen werden z.B. folgende Einrichtungen verwendet:

- ⇒ Schmelzsicherung (temperaturgesteuert)
- ⇒ Überdruckventil
- ⇒ Kombinationen aus diesen beiden Einrichtungen

### 4.4 LPG-Fahrzeuge mit Direkteinspritzung

Bei modernen Ottomotoren mit Direkteinspritzung wird auch LPG (flüssig) direkt in den Verbrennungsraum eingespritzt. Bei diesen Anlagen kann es zu einer zusätzlichen Gefährdung kommen, wenn die LPG-Leitung z.B. am Rail geöffnet wird. Da das LPG dort in flüssigem Zustand anliegt, werden erheblich größere Massen an LPG freigesetzt als es bei herkömmlichen LPG-Systemen mit Verdampfern der Fall ist.

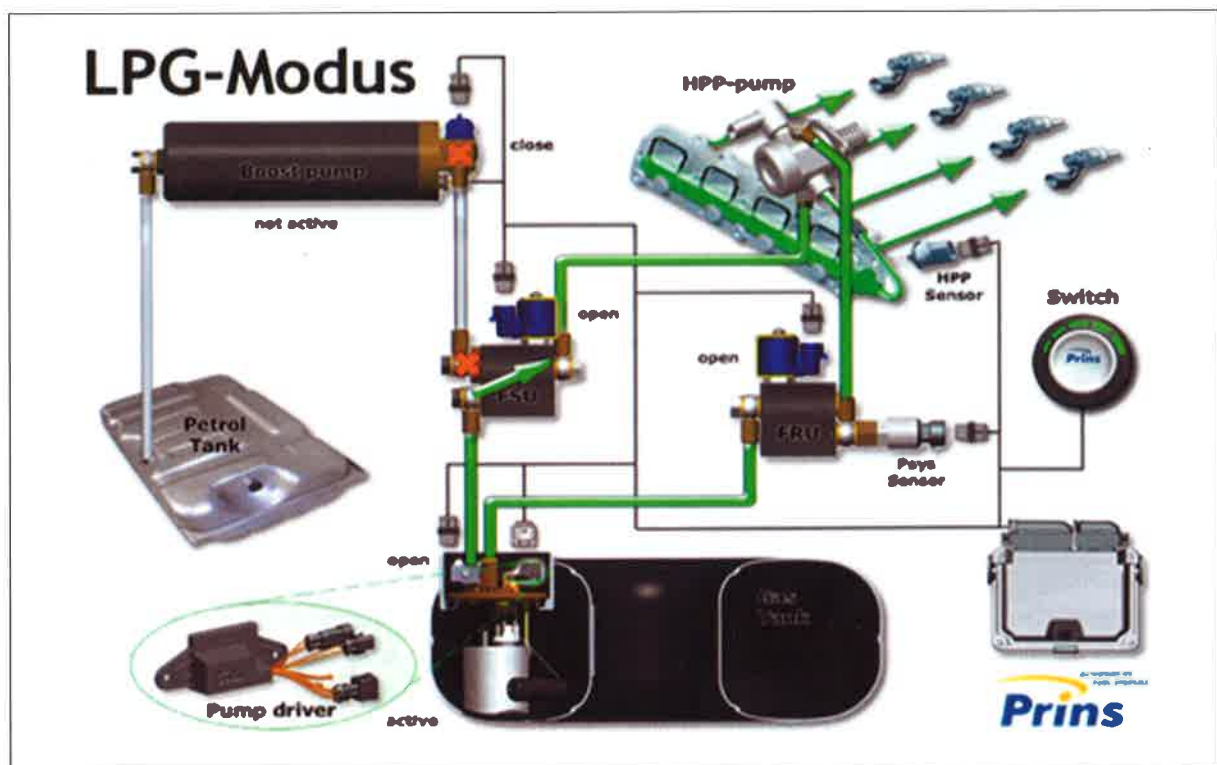


Abbildung 4-13: LPG-Flüssiggas Direkteinspritzung (Quelle: Prins)



### 4.5 Wasserstofffahrzeuge

Die Diskussion um die Wasserstofftechnologie weckt bei vielen Menschen immer noch ein ungutes Gefühl, dieses aber zu Unrecht, denn die Wasserstofftechnologie wird seit Langem sehr sicher beherrscht.

Unumgänglich ist die Kenntnis der Grundlagen der Wasserstofftechnik, um die besonderen spezifischen Gefährdungen beim Umgang mit Wasserstofffahrzeugen im Betrieb und in der Instandhaltung beurteilen zu können. Aus den Grundlagen ist aber auch die Erkenntnis abzuleiten, dass man unter Beachtung der entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen mit Wasserstofffahrzeugen einen auch mit anderen Gas, Benzin oder Diesel betriebenen Fahrzeugen vergleichbar sicheren Betrieb gewährleisten kann. Häufig wird in der Wasserstofftechnologie der Vergleich zum Erdgas gezogen, dennoch gibt es in der Anwendung beider Technologien Unterschiede.

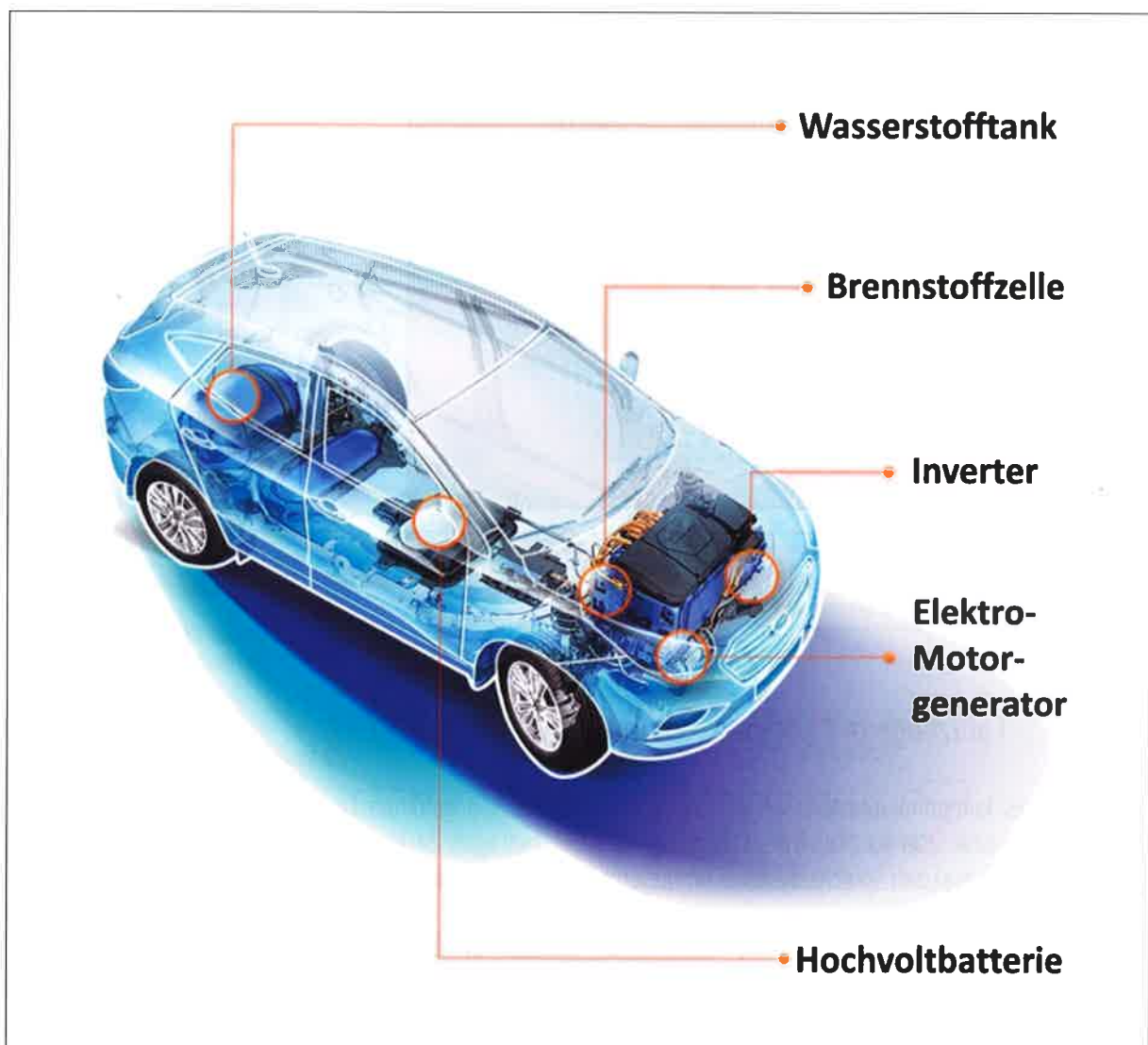


Abbildung 4-14: Hyundai ix35 Fuel Cell mit 700 bar  $\text{CGH}_2$ -Speichertank  
(Quelle: Hyundai Motor Europe GmbH)

Wasserstoff kann sowohl in Verbrennungsmotoren (Ottomotoren) als auch in Brennstoffzellen als Kraftstoff genutzt werden. Hierbei spielt es keine Rolle, ob der Wasserstoff komprimiert ( $\text{CGH}_2$ ) oder flüssig ( $\text{LH}_2$ ) im Fahrzeug gespeichert wird.

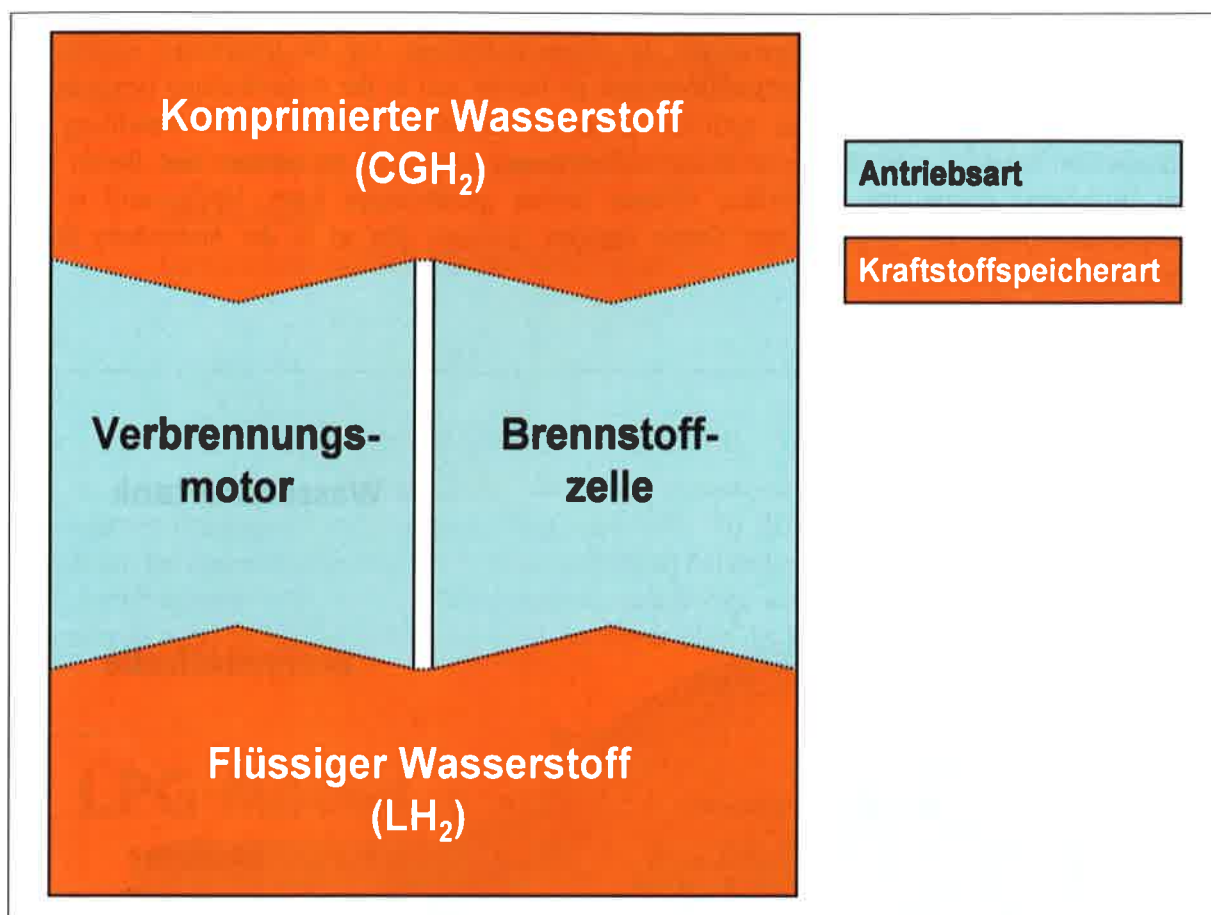


Abbildung 4-15: Verwendung von Wasserstoff in Kraftfahrzeugen

### 4.5.1 Fahrzeuge mit komprimiertem Wasserstoff ( $\text{CGH}_2$ )

Der Druck des komprimierten Wasserstoffs ( $\text{CGH}_2$ ) beträgt bei voll gefüllten Druckbehältern bei  $+15\text{ °C}$  in der Regel 350 bar bzw. 700 bar. Die Speicherdichten für  $\text{CGH}_2$  betragen  $24\text{ kg/m}^3$  bei 350 bar bzw.  $40,2\text{ kg/m}^3$  bei 700 bar. Die eingesetzten Speichersysteme umfassen bei  $\text{CGH}_2$  einen bzw. mehrere Druckbehälter.

Beim Betanken von Fahrzeugen mit  $\text{CGH}_2$ -Tanks können in den Speicherbehältern des Tanksystems Temperaturen im Bereich der maximal erlaubten Arbeitstemperatur der Komponenten von  $+85\text{ °C}$  auftreten. Aufgrund von Temperaturerhöhungen kommt es zu Druckerhöhungen im Behälter, die den Nennbetriebsdruck von 350 bar auf max. 438 bar bzw. von 700 bar auf max. 875 bar ansteigen lassen. Dies entspricht dem höchstzulässigen Betriebsdruck der Behälter.

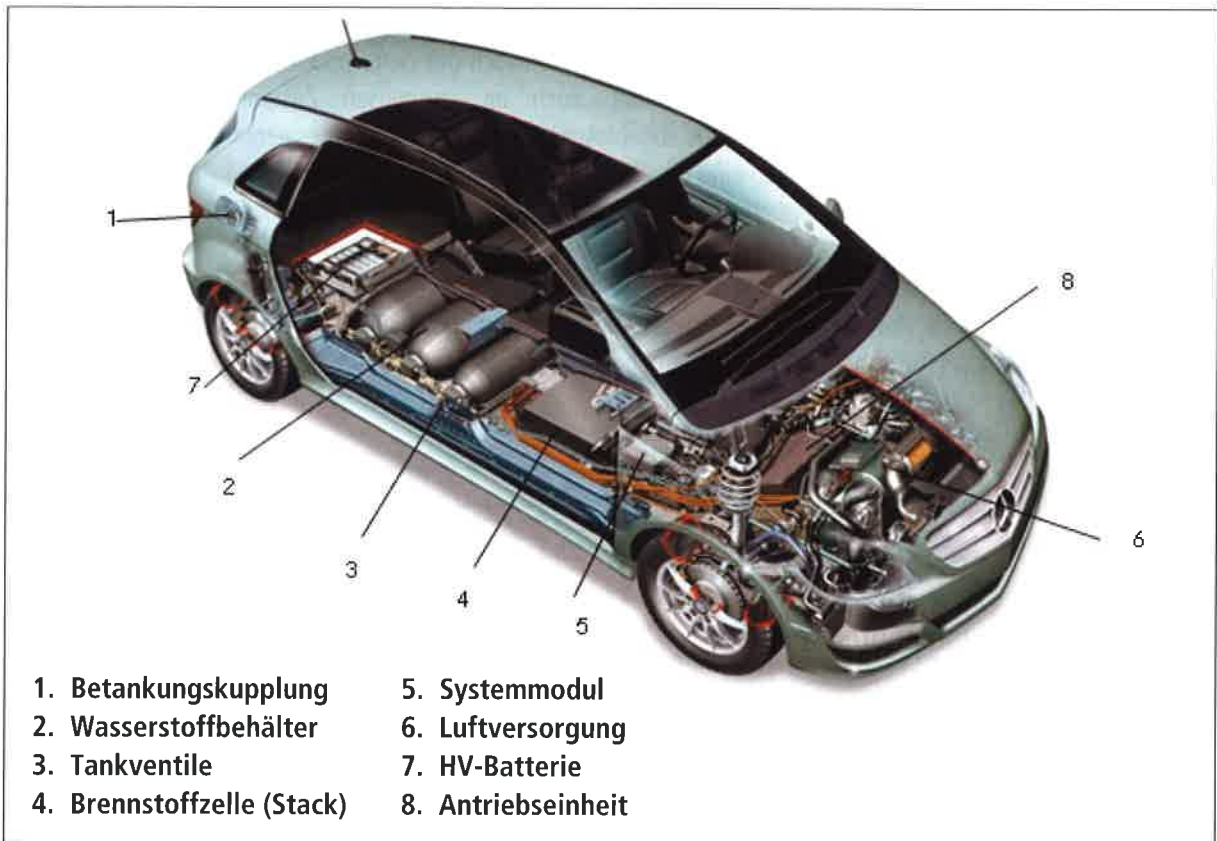


Abbildung 4-16: Beispiel Mercedes Benz B-Klasse F-Cell mit komprimiertem Wasserstoff (CGH<sub>2</sub>)  
 (Quelle: Daimler AG)

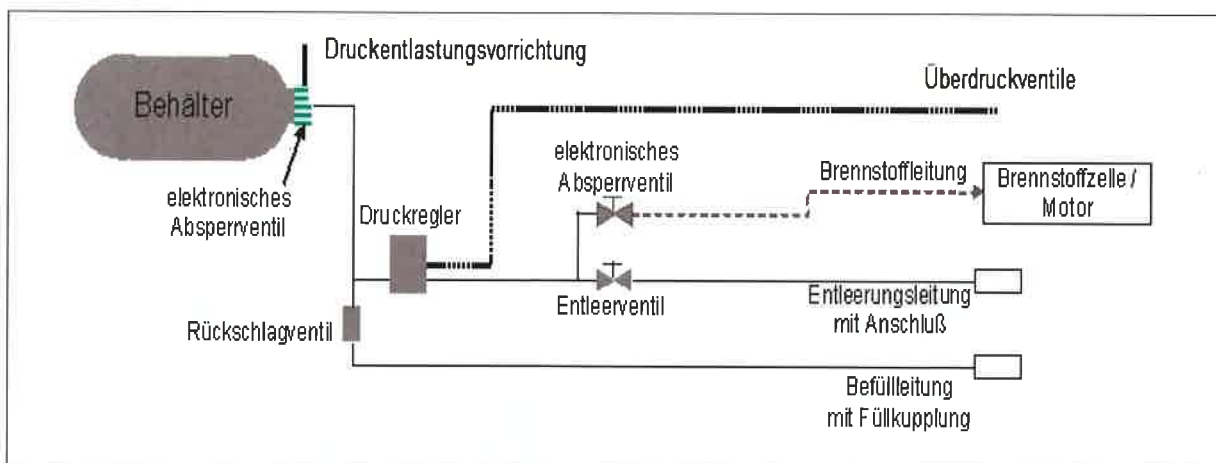


Abbildung 4-17: Schematische Darstellung eines CGH<sub>2</sub>-Systems (Quelle: BGI 5108/Daimler AG)

### 4.5.2 Sicherheitseinrichtungen bei CGH<sub>2</sub>-Fahrzeugen

Die Druckbehälter sind mit steuerbaren Ventilen ausgestattet, welche im Ruhezustand geschlossen sind und somit ein Austreten von Wasserstoff verhindern. Im Falle eines Leitungsbruchs oder einer schweren Leckage ist

## 4 Fahrzeugtechnik

sichergestellt, dass der Gasfluss aus dem Druckbehälter automatisch gestoppt bzw. auf einen minimalen Leckstrom begrenzt wird. Eine am Druckbehälter verbaute, thermisch aktivierte und nicht wieder verschleißbare Druckentlastungsvorrichtung verhindert im Brandfall, auch im stromlosen Zustand, ein Bersten des Speicherbehälters, indem der Wasserstoff gezielt abgelassen wird. Die hierzu eingesetzten Schmelzsicherungen oder Glasampullen besitzen in der Regel eine Auslösetemperatur zwischen 100 °C und 110 °C. Daher ist sicherzustellen, dass die übliche Temperatur von bis zu 85 °C beim Trocknen und Lackieren in Lackierkabinen nicht überschritten wird, herstellerspezifische Angaben müssen dabei beachtet werden.

Im Falle einer Fehlfunktion einer Druckreglerstufe ist durch ein Überdruckventil sichergestellt, dass das Bersten der nachfolgenden wasserstoffführenden Komponenten verhindert wird.

- ➔ Abschalten der Gasanlage im Crashfall.
- ➔ Warnung durch Gas-Sensorik im Fahrzeug.

### 4.5.3 Spannungsführende Teile

Wasserstoff kann in Kraftfahrzeugen als Energiequelle für Brennstoffzellen genutzt werden. In Brennstoffzellen wird aus dem Wasserstoff elektrische Energie gewonnen, die zum Antrieb von Elektromotoren genutzt wird. Die Spannung in den Antriebssystemen dieser Brennstoffzellenfahrzeuge liegt, wie bei modernen Hybrid- oder Elektrofahrzeugen, zum Teil weit über 30 Volt Wechselspannung (AC) bzw. 60 Volt Gleichspannung (DC). Spannungen in dieser Größenordnung können auf den menschlichen Körper gefährliche Auswirkungen haben. Die grundlegenden Anforderungen, die bei Arbeiten an diesen Fahrzeugen beachtet werden müssen, sind in der BGI/GUV-I 8686 zusammengefasst.

Neben dem Einsatz in Pkw wird die Wasserstofftechnologie auch bei Omnibussen im Linienbusbetrieb erprobt.



Abbildung 4-18: Omnibus mit Wasserstoffantrieb Citaro FuelCELL (Quelle: Daimler AG)



## 5 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Arbeiten an Gasfahrzeugen

Selbstverständlich müssen von Kfz-Werkstätten, die an Fahrzeugen mit Gasanlagen arbeiten, die allgemeinen Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit beachtet und eingehalten werden. Solange ausgeschlossen ist, dass Gas freigesetzt werden kann, sind keine speziellen Regeln zu beachten (Vorsichtsmaßnahmen, z.B. bei Karosseriearbeiten sowie bei der Lackierung, bleiben davon unberührt). Vor der Einfahrt in die Werkstatt ist sicherzustellen, dass keine Schädigung von gasführenden Teilen (z.B. durch Unfall) vorliegt und/oder fahrzeugeigene Überwachungssysteme keine Warnhinweise auf eventuelle Leckagen geben. In diesen Fällen gilt das Fahrzeug als betriebsmäßig dicht.

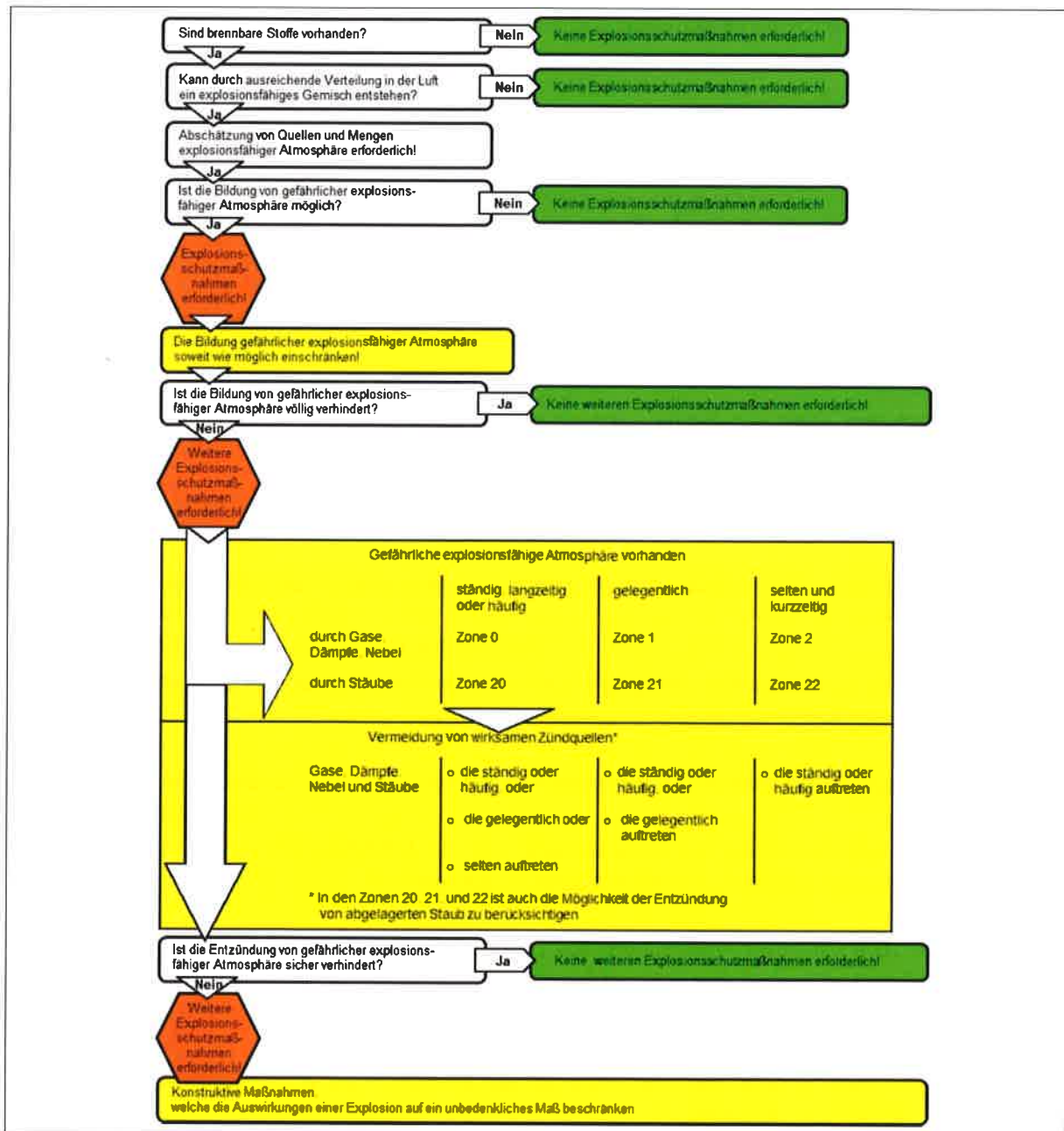


Abbildung 5-1: Erkennen und Vermeidung von Explosionsgefährdungen (Quelle: TRBS 2152/TRGS 720)

## 5 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Arbeiten an Gasfahrzeugen

---

Je nach Tätigkeit, die an Gasfahrzeugen durchgeführt werden muss, sind gegebenenfalls besondere Anforderungen zu beachten. Ebenso sind die Vorgaben des Fahrzeug- oder Anlagenherstellers zu beachten.

Bei Arbeiten an Fahrzeugen, die mit einer Gasanlage ausgestattet sind, hat der Arbeitgeber im Rahmen seiner Verpflichtung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz die Gefährdung seiner Beschäftigten durch Explosionen zu ermitteln, zu beurteilen und die notwendigen Schutzmaßnahmen abzuleiten. Nach der TRBS 2152/TRGS 720 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre" sind dabei die folgenden Gesichtspunkte zu beachten:

1. *Es ist zu prüfen, ob brennbare feste, flüssige, gasförmige oder staubförmige Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder unter den in Betracht zu ziehenden Betriebszuständen gebildet werden können.*
2. *Wenn brennbare Stoffe betriebsmäßig vorhanden sind oder gebildet werden können, muss festgestellt werden, ob nach Art des Auftretens dieser brennbaren Stoffe überhaupt mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist.*
3. *Es ist zu beurteilen, ob die zu erwartenden Mengen explosionsfähiger Atmosphäre auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefahrdrohend sind.*
4. *Ist die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich, sind die unter Punkt 5 und Punkt 7 aufgeführten Schutzmaßnahmen zu treffen.*
5. *Es sind bevorzugt Stoffe, Zubereitungen und Produkte einzusetzen, die keine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.*

*Ist dies nach dem Stand der Technik nicht möglich, ist die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern oder einzuschränken.*

*Dazu ist durch den Arbeitgeber eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen.*

*Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist gefahrlos zu beseitigen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.*

6. *Kann gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch die unter Punkt 5 genannten Maßnahmen nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen:*
  - a) *die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre,*
  - b) *die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins oder der Entstehung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und*
  - c) *die zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen; besondere örtliche Verhältnisse sowie das übliche Maß (siehe hierzu TRBS 2152 Teil 1 Anhang/TRGS 721 Anhang) über oder unterschreitende Explosionsgefährdungen müssen berücksichtigt werden.*
7. *Aus der unter Punkt 6 genannten Beurteilung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten abzuleiten:*

## 5 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Arbeiten an Gasfahrzeugen

---

- a) *Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre),*
- b) *Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen, einschließlich elektrostatischer Entladungen),*
- c) *Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (konstruktiver Explosionsschutz).*

In der Regel ist den Maßnahmen nach Punkt 7a) sicherheitstechnisch Vorrang zu geben. Es ist deshalb zunächst zu überlegen, ob und wie weit diese Maßnahmen sinnvoll angewendet werden können. Führt diese Überlegung nicht zu einer befriedigenden Lösung, so sind nach sachkundigem Ermessen Maßnahmen nach Punkt 7b) oder Punkt 7c) oder geeignete Kombinationen von Maßnahmen nach Punkt 7a), Punkt 7b) und Punkt 7c) anzuwenden. Für die Festlegung von Maßnahmen nach Punkt 7b) sind die explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen einzuteilen.

Zur Umsetzung der Forderungen aus der TRBS 2152/TRGS 720 muss bei der Fahrzeugannahme festgelegt werden, an welchem Arbeitsplatz die weiteren Tätigkeiten durchgeführt werden.

### 5.1 Annahme von Gasfahrzeugen

Gasbetriebene Fahrzeuge sind betriebsmäßig grundsätzlich dicht.

Allerdings kann es während der Nutzung, z.B. durch äußere Einflüsse oder Beschädigung, zu Undichtigkeiten an der Gasanlage kommen. Aus diesem Grund müssen alle Gasanlagen im Rahmen der periodisch technischen Fahrzeugüberwachung regelmäßig geprüft werden (GAP).

Deshalb muss bei der Annahme von Fahrzeugen mit Gasanlagen, bevor diese in die Werkstatt/Direktannahme gefahren werden, geprüft werden, ob Hinweise für die Vermutung vorliegen, dass Undichtigkeiten an der Gasanlage bestehen. Im Feld P.3 der Zulassungsbescheinigung Teil I ist zu erkennen, mit welchem Kraftstoff ein Fahrzeug angetrieben wird.

**Kurzbezeichnung der Kraftstoffart (Feld P.3)**

**Code der Kraftstoffart (Feld 10)**

**Code der Fahrzeugart und Ausführung (Feld J und 4)**

**Fahrzeug-Identifizierungsnummer (FIN)**

**Hersteller-Code (Feld 2.1)**

**Code des Fahrzeugtyps (Feld 2.2)**

28.11.2005	8566	3450000	2	1	85/ 6000	190
M1	AC		4472-4593		1840	
WFOVXXWCDW5K58433		1	1459-1501		1279	
DA3			155		1825	1825
HXDA1W			895		1090	-
SABA L6			895		1090	-
			81		4500	70
Focus			1200		635	5
FORD (D)			205/55R16		87U	
Fz.z.Pers.bef.b. 8 Spl.			205/55R16		87U	
Kombilimousine						
70/220*2003/76B			grau		7	
EURO 4			e13*2001/116*0144*06			
Benzin			07.09.2005		UC291247	
0001	0462	1596				
Zu 15.1/15.1 a.F.6.5Jx16H20S52.5*ww.Bereif.195/65R1587						
Q M+S a.F.6Jx15H20S52.2;195/65R15 87Ua.F.6Jx15H20S52.5						
;205/50 R17 87U a.F.6.5Jx17H20S52.5;225/40 R18 87U a.F						
. 7.5Jx18H20S52.5*						

Abbildung 5-2: Fundstelle der Kraftstoffart in der Zulassungsbescheinigung Teil I

Wird anhand der Zulassungsbescheinigung Teil I oder z.B. am Tankstutzen erkannt, dass es sich um ein Gasfahrzeug handelt, ist zu prüfen, ob Hinweise auf Undichtigkeiten der Gasanlage vorliegen. Folgende Hinweise deuten auf eine mögliche Undichtigkeit hin:

➔ **Kundenbeanstandung über erhöhten Kraftstoffverbrauch**

Sofern der Kunde einen erhöhten Kraftstoffverbrauch festgestellt hat, sollte er zunächst befragt werden, ob er bei laufendem oder gerade abgestelltem Motor, z.B. in der Garage, Gasgeruch festgestellt hat. Bestätigt der Kunde den Gasgeruch, muss immer von einer Undichtigkeit an der Gasanlage ausgegangen werden.

**Achtung: CGH<sub>2</sub> ist nicht odoriert und ist somit nicht über den Geruch wahrnehmbar.**

Sofern der Kunde keinen wahrnehmbaren Gasgeruch oder keine Zischgeräusche bestätigt, kann ein erhöhter Kraftstoffverbrauch z.B. auch darauf zurückzuführen sein, dass bei einem CNG-Fahrzeug ausnahmsweise L-Gas statt üblicherweise H-Gas getankt wurde oder dass allgemeine motorische Probleme vorliegen. Sofern die Ursachen für den erhöhten Kraftstoffverbrauch nicht geklärt werden können, muss ebenfalls zunächst von einer Undichtigkeit an der Gasanlage ausgegangen werden.



### ⇒ **Gasfahrzeug mit Unfallschaden**

Eine Kollision, z.B. im Bereich des Tankstutzens, könnte zu Undichtigkeiten der Gasanlage führen. Sofern es sich bei dem Fahrzeug also um ein Unfallfahrzeug handelt, ist - bevor das Fahrzeug in die Werkstatt gefahren wird - zu prüfen, ob es durch den Unfall möglicherweise zu Beschädigungen an der Gasanlage gekommen ist. Im Zweifel ist eine ohnehin erforderliche Gasanlagenprüfung (GAP) nach § 41a StVZO Abs. 6, z.B. durch eine anerkannte Werkstatt, durchzuführen. Sofern die Dichtheitsprüfung im Rahmen der GAP aufgrund der äußeren Gegebenheiten nicht im Freien durchgeführt werden kann, darf sie nur im Gasfahrzeugarbeitsbereich (siehe Definition Kapitel 6.1) durchgeführt werden.

### ⇒ **Fehlermeldung über das "On-Board-System"**

Insbesondere Wasserstofffahrzeuge warnen durch entsprechende Sensorik bei Gasleckagen, sofern die Zündung eingeschaltet wird. Sollten bei diesen Fahrzeugen durch optische, akustische oder andere Signale Gasundichtigkeiten signalisiert werden, sind die jeweiligen Anweisungen des Fahrzeugherstellers zu beachten.

### ⇒ **Schlechter technischer Zustand des Gasfahrzeuges (z.B. fragwürdige Nachrüstung, erheblich überzogener Termin der Hauptuntersuchung)**

Fahrzeuge mit nachträglich eingebauten Gasnachschrüstsystemen, die nicht in die Fahrzeugdokumente eingetragen sind, oder solche, bei denen ohne nachvollziehbare Gründe der fällige Termin der Hauptuntersuchung (HU) - und somit auch die GAP-Durchführung - um mehrere Monate überzogen ist, sollten bei der Annahme immer mit erhöhter Vorsicht behandelt werden. Im Zweifelsfall sollten diese Fahrzeuge wie Fahrzeuge mit Undichtigkeiten an der Gasanlage behandelt werden. Im Extremfall sollten Arbeiten an diesen Fahrzeugen zumindest bei befülltem Gastank abgelehnt werden.

Liegen Hinweise vor, dass Undichtigkeiten an der Gasanlage bestehen, sind weitere Maßnahmen bzw. Arbeiten grundsätzlich nur im Freien oder - sofern möglich - im Abblasbereich durchzuführen. Diese Fahrzeuge sind durch ein Schild oder ähnliches zu kennzeichnen, um auszuschließen, dass sie versehentlich in die Werkstatt eingefahren werden. Sofern Undichtigkeiten an der Gasanlage vermutet werden, ist zunächst im Freien zu überprüfen, ob und an welchen Teilen/in welchem Bereich der Gasanlage eine Undichtigkeit vorliegt. Sofern die Undichtigkeit nicht direkt am Gastank, also in Tankrichtung gesehen vor dem manuellen oder elektrischen Absperrventil, liegt, können weitere Arbeiten an dem Fahrzeug und der Gasanlage nach dem Verschließen des Absperrventils und dem Entleeren der Gasleitung (z.B. durch Laufenlassen des Motors im Gasbetrieb) in dem Gasfahrzeugarbeitsbereich vorgenommen werden. Für CGH<sub>2</sub>-Fahrzeuge können die weiteren Arbeiten auch am Standardarbeitsplatz vorgenommen werden, sofern die aus den Leitungen potentiell austretende Wasserstoffmenge weniger als 60 Normliter (NL) beträgt. Sofern die Undichtigkeit nicht lokalisiert werden kann oder direkt am Tank vorliegt, sind alle weiteren Arbeiten nur im Abblasbereich im Freien vorzunehmen oder das Fahrzeug ist solange im Freien stehen zu lassen bis kein Gas mehr austritt.

Bei der Annahme des Fahrzeuges wird in der Regel festgelegt, welche Arbeiten im Rahmen des Auftrages durchzuführen sind. Es ist auch direkt zu bestimmen, in welchem Arbeitsbereich diese durchzuführen sind (Standardarbeitsplatz/Gasfahrzeugarbeitsbereich/Abblasbereich).

Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

### ➔ **Fall 1: Fahrzeug ohne Undichtigkeit**

Sofern keinerlei Hinweise vorliegen, dass Undichtigkeiten an einer Gasanlage vorhanden sind und auch nicht an der Gasanlage selbst gearbeitet werden muss, kann an dem Fahrzeug auf einem Standardarbeitsplatz, wie an jedem anderen Fahrzeug, gearbeitet werden.

### ➔ **Fall 2: Kontrollierte Freisetzung von Gas**

Sofern bei der Auftragsannahme deutlich wird, dass unter Umständen ein kontrolliertes Freisetzen von Gas erfolgen muss, sind die entsprechenden Arbeiten nur auf dem Gasfahrzeugarbeitsbereich durchzuführen. Unter kontrolliertem Freisetzen von Gas wird hierbei als Beispiel verstanden, dass der Gasfilter getauscht oder die Gaskraftstoffleitung entfernt werden muss.

**Wichtig:** Beim kontrollierten Freisetzen von Gas dürfen bei Pkw höchstens die Mengen in der Zuleitung freiwerden. Bei direkt einspritzenden Systemen ist zu beachten, dass beim Öffnen der Leitungen das flüssige LPG verdampft und große Mengen an LPG freigesetzt werden. Bei Nutzfahrzeugen, Bussen und direkt einspritzenden Systemen sind die freiwerdenden Gasmengen vorab zu ermitteln, eventuell ist das Öffnen im Freien durchzuführen. Ein Nachströmen aus dem Gastank muss sicher ausgeschlossen werden.

Auf keinen Fall darf eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Im Gasfahrzeugarbeitsbereich muss ein dreifacher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet sein (siehe Kapitel 6.1). Mit einem dreifachen Luftwechsel wird die Gaskonzentration in der Luft unterhalb der Zündfähigkeit gehalten. Aber auch unter dieser Bedingung kann sich eine explosionsfähige Atmosphäre in Umhüllungen am Fahrzeug, wie z.B. im Motorraum und in Lüftungstotzonen, bilden. Daher sind im Gasfahrzeugarbeitsbereich wirksame Zündquellen zu vermeiden. Dazu zählen offenes Feuer, elektrische Funken, elektrostatische Entladungen und heiße Oberflächen. Hier sind nur explosionsgeschützte Handleuchten zu verwenden. Bei Arbeiten an der Gasanlage, bei denen kontrolliert kleine Mengen Gas frei werden können, sind wirksame Zündquellen (z.B. Bohrmaschinen) aus dem Arbeitsbereich zu entfernen.

Bei CGH<sub>2</sub>-Fahrzeugen kann auf Standardarbeitsplätzen gearbeitet werden, wenn die freigesetzte Gesamtmenge 60 NL unterschreitet (vergleiche BGI 5108).

### ➔ **Fall 3: Tankentleerung/starke Undichtigkeiten**

Sollten Arbeiten notwendig werden, bei denen zum Beispiel Tankarmaturen entfernt werden müssen - wenn also Gas ungedrosselt aus dem Tank austreten kann - ist der Gastank vor der weiteren Durchführung aller Arbeiten zu entleeren. Hierbei sind die Hinweise aus Kapitel 6.3 zu beachten.

Sollte es bei einem Unfall z.B. zum Abriss einer Gaskraftstoffleitung kommen und keines der Sicherungsventile angesprochen haben, wird es in der Regel so sein, dass der Gastank bis zum Eintreffen des Fahrzeuges in der Kfz-Werkstatt bereits entleert ist.

Sollte der unwahrscheinliche Fall auftreten, dass dies nicht geschehen ist - wenn also wahrnehmbare Abblasgeräusche vorhanden sind - darf die Zündung des Fahrzeuges nicht eingeschaltet werden. Alle Tätigkeiten, die möglicherweise zu einer Funkenbildung am Fahrzeug selbst oder in dem Sicherheitsbereich (siehe Kapitel 6.3) um das Fahrzeug führen können, sind zu unterlassen. Zu einer Funkenbildung kann es unter Umständen kommen, wenn elektrische Schalter bewusst oder unbewusst betätigt werden (z.B. Schalter für die Innenraumbelichtung oder

## 5 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Arbeiten an Gasfahrzeugen

---

Fensterheber) oder wenn die Batterie bei unter Spannung stehenden Verbrauchern abgeklemmt wird. Vorliegende Vorgaben der Hersteller sind zu beachten.

Das Fahrzeug ist im Freien nach Möglichkeit auf dem Abblasplatz abzustellen. Es darf hierbei allerdings nicht durch eigene Motorkraft bewegt werden. Während des unkontrollierten Abblasens darf das Fahrzeug nicht unbeobachtet sein. Es dürfen sich solange keine Personen und zusätzliche Zündquellen im Sicherheitsbereich des Fahrzeuges befinden, bis die Anlage vollständig entleert ist. Gegebenenfalls ist die Feuerwehr zu informieren.

### 5.2 Allgemeine Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an nicht gasführenden Teilen

Bei allgemeinen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sind keine besonderen Maßnahmen zu beachten, sofern bei der Annahme keine Störungen an der Gasanlage festgestellt wurden. Jedoch sind für eine umfassende Betrachtung nicht nur die Gefährdungen aufgrund direkter Arbeiten an der Gasanlage zu berücksichtigen. Hier sind beispielhaft die Karosseriearbeiten zu nennen. Bei diesen Instandsetzungen sind oft Arbeiten in unmittelbarer Nähe einer gasdichten Anlage durchzuführen. Hierbei sind alle Vorgänge zu unterlassen, bei denen die Gasanlage unbeabsichtigt geöffnet wird und Gas unkontrolliert austreten kann. Dazu gehören insbesondere Trenn- und Schweißarbeiten.

### 5.3 Durchführung der GAP

Auch bei der Durchführung der Gasanlagenprüfung (GAP) sind zunächst keine besonderen Maßnahmen zu beachten. Werden bei der GAP Undichtigkeiten festgestellt, ist am Fahrzeug unverzüglich der Tank zu verschließen (Zündung aus).

### 5.4 Allgemeine Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an der Gasanlage/Nachrüstung

Arbeiten an Gasanlagen, bei denen Gas kontrolliert freigesetzt wird, dürfen nur im Gasfahrzeugarbeitsbereich bzw. im Freien durchgeführt werden. Diese Arbeiten sind ausschließlich von in Bezug auf Gasanlagen zusätzlich qualifizierten Mitarbeitern durchzuführen.

Vor Aufnahme der Tätigkeit an CNG-/CGH<sub>2</sub>-Anlagen ist im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob die erhöhte Luftwechselrate und die baulichen Anforderungen gemäß Kapitel 6.1 sichergestellt werden können. Sofern sich die baulichen Gegebenheit oder andere Voraussetzungen, die einen Einfluss auf die Luftwechselrate haben, ändern, muss eine erneute Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. (Dachluke/Fenster öffnen und/oder die technische Lüftung im Deckenbereich einschalten). Bei LPG-Anlagen ist vor Aufnahme der Arbeiten für eine ausreichende Lüftung im Bodenbereich zu sorgen.

## 5 Arbeitsschutzmaßnahmen bei Arbeiten an Gasfahrzeugen

---

Sofern eine automatische Notentlüftung mit Gasdetektion installiert ist, kann auf eine permanente Lüftung bzw. Absaugung verzichtet werden.

Ist mit dem Austreten größerer Mengen Gas zu rechnen, sind die Arbeiten im Freien (Abblasbereich) durchzuführen. Die Hinweise zum "Entspannen von Gasanlagen" sind zu beachten (siehe Kapitel 5.5).

### 5.5 Entspannen/Entleeren von Gasanlagen

Das Entspannen darf nur im Abblasbereich (siehe Kapitel 6.3) erfolgen. Während des Entspannens der Gasanlage dürfen sich keine anderen Fahrzeuge und Personen im Abblasbereich befinden oder andere Arbeiten durchgeführt werden.

Die Vorgaben des "Praxisratgeber Tankentleerung bei Flüssiggas (LPG)-Fahrzeugen" sind bei der Entleerung von LPG-Anlagen zu beachten und bei CNG-/CGH<sub>2</sub>-Anlagen entsprechend anzuwenden.

Das Entspannen darf nur bei kaltem Motor/Auspuff erfolgen. Die Vorgaben des Fahrzeugherstellers sind zu beachten. So ist z.B., wie in der nachfolgenden Abbildung 5-3 dargestellt, dass Entspannen von CNG-Tankbehältern nach den jeweiligen Herstellervorgaben nur im ausgebauten Zustand erlaubt.

Das Entspannen bei Gewitter ist grundsätzlich untersagt. Der Mitarbeiter muss sich vor dem Entspannen des Gastanks an geeigneter Stelle elektrostatisch entladen, z.B. über eine geerdete Wasserleitung.

Beim Entspannen von Gasanlagen ist zudem darauf zu achten (bzw. der Volumenstrom entsprechend zu regeln), dass die Temperatur der Gasanlage nicht unter die minimale Betriebstemperatur fällt und es hierdurch zu erhöhten Vereisungen kommt, was den Entspannprozess beeinträchtigt.

Beim Entspannen und einer gegebenenfalls folgenden Inertisierung der Gasanlage sind die Vorgaben des Fahrzeug- oder Gasanlagenherstellers zu beachten.



Abbildung 5-3: Vom Volkswagenkonzern empfohlene Vorrichtung zum Entspannen von CNG-Tanks. Für das Ablasen ist ein Sicherheitsbereich (10 m Radius) abzugrenzen.



### 5.6 Unfallinstandsetzung von Fahrzeugen mit Gasanlagen

Ist bei einem unfallbeschädigten Fahrzeug nicht auszuschließen, dass auch Teile der Gasanlage beschädigt worden sind, muss die Anlage vor Aufnahme der Tätigkeit auf Dichtheit überprüft werden. Vor der Aufnahme der Arbeit sind zudem die Herstellervorgaben zu beachten.

Bei der Instandsetzung, z.B. in der Lackierbox, ist grundsätzlich darauf zu achten, dass sich der Inhalt des Gastanks (bei LPG-Fahrzeugen die Gasphase) und andere gasführende Teile nicht auf eine Temperatur  $> 60^{\circ}\text{C}$  erwärmen können. Im Einzelfall sind die Vorgaben der Fahrzeug- oder Gasanlagenhersteller zu beachten. Um dies sicherzustellen und um mechanische Beschädigungen der Gasanlage auszuschließen, sind z.B. beim Schneiden und Bohren spezielle Maßnahmen zu ergreifen. Müssen entsprechende Arbeiten in einem Abstand von einem Meter oder weniger vom Gastank oder anderen gasführenden Teilen durchgeführt werden, sind diese Teile auszubauen oder durch andere Maßnahmen gegen Erwärmung oder Beschädigung zu schützen. Die Hinweise zum "Entspannen von Gasanlagen" (siehe Kapitel 5.5) sind gegebenenfalls zu beachten.

### 5.7 Wiederinbetriebnahme

Nach allen durchgeführten Arbeiten an gasführenden Teilen und Leitungen inklusive des Tanksystems ist eine GAP bzw. Dichtheitsprüfung nach § 41a StVZO durchzuführen. Die GAP oder Dichtheitsprüfung darf von Werkstätten nur dann durchgeführt und bescheinigt werden, wenn sie nach Anlage XVIIa StVZO hierfür anerkannt sind.

### 5.8 Entsorgung von Gastanks

Sofern Gastanks transportiert bzw. entsorgt werden müssen, sind sie grundsätzlich vorher zu entleeren und zu inertisieren. Die Vorgaben des Fahrzeug- oder Anlagenherstellers/-importeurs sind auf jeden Fall zu beachten.

Sofern durch die Herstellervorgaben nichts anderes festgelegt ist, sollten Gastanks, die entsorgt werden sollen, nach dem Entleeren mit Wasser befüllt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich in dem mit Wasser befüllten Tank keine Gaspolster bilden. Da beim Befüllen des Gastanks mit Wasser das noch im Tank befindliche Gas frei wird, muss diese Arbeit im Freien durchgeführt werden. Zur Vermeidung einer Wiederverwendung sind die Gastanks nach vollständiger Entleerung eindeutig zu kennzeichnen und gemäß den Herstellervorgaben weiter zu bearbeiten.



Abbildung 5-4: Vollständige Entleerung eines LPG-Tankbehälters

### 6 Bauliche Anforderungen an Kfz-Werkstätten

Wie bei der Durchführung von Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasanlagen sind auch bei der Gestaltung und der Ausrüstung der jeweiligen Arbeitsbereiche für Gasfahrzeuge die allgemein gültigen Regeln des Arbeitsschutzes zu beachten. Aufgrund der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Kraftstoffe sind hierbei andere oder weitergehende Sicherheitsregeln zu berücksichtigen als bei Arbeitsbereichen, in denen ausschließlich an Benzin- oder Dieselfahrzeugen gearbeitet wird.

#### 6.1 Instandsetzung- und Wartungsbereich für Gasfahrzeuge (Gasfahrzeugarbeitsbereich für festgelegte Tätigkeiten)

An die Arbeitsbereiche, in denen Arbeiten an der Gasanlage durchgeführt werden und unter Umständen kontrolliert Gas austritt, sind spezielle Anforderungen zu stellen. Im Gasfahrzeugarbeitsbereich ist allerdings die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre auszuschließen. Aufgrund der unterschiedlichen Dichte muss hier zwischen Arbeitsbereichen für Arbeiten an Erdgas- bzw. Wasserstoff- und Flüssiggasfahrzeugen unterschieden werden. Die Besonderheiten, die bei den unterschiedlichen Gasarten (LPG, CNG, CGH<sub>2</sub>) zu beachten sind, werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

In jedem Fall muss in dem Gasfahrzeugarbeitsbereich ein mindestens dreifacher Luftwechsel (Luftwechselrate  $\geq 3/h$ ) durch technische oder natürliche Lüftung erreicht werden. Eine Luftwechselrate von mindestens 3/h bedeutet hierbei, dass das Luftvolumen des gesamten Gasfahrzeugarbeitsbereiches mindestens dreimal pro Stunde ausgetauscht wird.

**Beispiel:**

Grundfläche des Arbeitsbereiches  $4 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 28 \text{ m}^2$

Hallenhöhe 4 m

Luftvolumen  $28 \text{ m}^2 \times 4 \text{ m} = 112 \text{ m}^3$

In dem hier dargestellten Beispiel müsste die technische Lüftungseinrichtung also einen Frischluftvolumenstrom von mindestens  $336 \text{ m}^3$  pro Stunde gewährleisten.

In der Regel wird dieser Luftvolumenstrom von bereits installierten stationären Abgasabsauganlagen erreicht, da z.B. für die Durchführung der Abgasuntersuchung bei Diesel-Pkw ein Luftvolumenstrom von  $600 \text{ m}^3$  pro Stunde vorgeschrieben ist. Sofern es sich bei der Abgasabsauganlage um eine Überfluranlage handelt, sollte mit einem Lüftungstechniker abgeklärt werden, ob an diese Absauganlage möglicherweise ein weiterer Kanal in den Deckenbereich des Gasfahrzeugarbeitsbereiches gelegt werden kann und ob die Leistung der Gesamtanlage in diesem Fall sowohl für den Gasfahrzeugarbeitsbereich als auch für die Standardarbeitsbereiche weiterhin ausreichend ist.

Eine Alternative bildet eine Absauganlage (Notentlüftung), die bei einer Gasdetektion - z.B. bei 20 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) - automatisch aktiviert wird. Dies kann eine wirtschaftliche Alternative zu einer permanent arbeitenden Lüftungsanlage darstellen und ist fallspezifisch abzuwägen.



## 6 Bauliche Anforderungen an Kfz-Werkstätten

---

Es ist immer sicherzustellen, dass durch eine entsprechende Frischluftzufuhr keine Konzentrationen über 50% UEG innerhalb der Lüftungsanlage entstehen können oder die Abluftanlage explosionsgeschützt ausgeführt ist.

Gerade in größeren Werkstätten, bei denen eine natürliche Lüftung nicht ausreicht, empfiehlt es sich, den Gasfahrzeugarbeitsbereich von der restlichen Werkstatt lufttechnisch zu trennen, z.B. durch Trennwände oder Kunststoffvorhänge. Diese Abtrennungen müssen Luftverwirbelungen mit dem restlichen Werkstattbereich verhindern. Durch diese Maßnahme können die zuvor beschriebenen Vorkehrungen auf den abgetrennten Bereich beschränkt und die Leistung (der Luftvolumenstrom) der technischen Lüftungseinrichtung kann auf das Luftvolumen des abgetrennten Raumes ausgelegt werden.

### 6.1.1 Erdgas-/Wasserstoff-Arbeitsbereich (CNG, CGH<sub>2</sub>)

In dem Erdgas-/Wasserstoff-Arbeitsbereich muss eine ausreichende Lüftung im Deckenbereich vorhanden sein. Dies kann z.B. durch eine ausreichend große Dachluke oder ein Fenster direkt unter der Hallendecke erreicht werden. Wichtig ist, dass sich die Dachluke oder das Fenster am höchsten Punkt der Decke befinden und vom Arbeitsbereich aus geöffnet werden können. Die Dachluke oder das Fenster sollte sich direkt über dem Gasfahrzeugarbeitsbereich befinden. Ist keine Dachluke und auch kein Fenster vorhanden, ist im obersten Deckenbereich eine technische Lüftung, die eine Luftwechselrate von mindestens 3/h gewährleistet, vorzusehen. Wird der Erdgas-/Wasserstoff-Arbeitsbereich vom übrigen Werkstattbereich abgetrennt, muss die Abtrennung an der Decke dicht abschließen. In unmittelbaren Deckenbereichen, in denen sich Lüftungstotzonen bilden können, dürfen sich keine wirksamen Zündquellen befinden. Eine ausreichende Zufuhr im Bodenbereich ist zu gewährleisten.

**Achtung:** Fluchttüren müssen nach außen aufgehen und lassen sich bei ungenügender Zuluft (Unterdruck in der Werkstatt) nicht mehr öffnen!

### 6.1.2 Flüssiggas-Arbeitsbereich (LPG)

Die Anforderungen an den Erdgas-/Wasserstoff-Arbeitsbereich gelten für den Flüssiggas-Arbeitsbereich entsprechend. Es ist zu beachten, dass freiwerdendes Flüssiggas schwerer als Luft ist und sich am Boden ansammelt. Deshalb dürfen keine Zündquellen im Bodenbereich vorhanden sein. Das sich im Bodenbereich ansammelnde LPG muss sicher abgeführt werden. Wird der Flüssiggasarbeitsbereich vom übrigen Werkstattbereich abgetrennt, muss die Abtrennung am Boden dicht schließen.

Arbeitsbereiche, in denen Arbeiten an Flüssiggasanlagen durchgeführt werden, dürfen nicht unter der Erdgleiche liegen, da sich dort austretendes Flüssiggas ansammeln und entzünden könnte. Darüber hinaus dürfen sich in Flüssiggas-Arbeitsbereichen keine unbelüfteten Gruben, Kanäle, offenen Kellerzugänge oder andere tiefer gelegenen Räume befinden. Auch bei Arbeiten an Flüssiggasanlagen muss eine Luftwechselrate  $\geq 3/h$  gewährleistet sein. Dies kann bei natürlicher Lüftung, z.B. durch das Öffnen der Werkstatttüre, erreicht werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass es tatsächlich zu einer Durchlüftung - z.B. durch das Öffnen eines gegenüberliegenden Fensters/Durchgangstür - kommt. Kann der dreifache Luftwechsel durch natürliche Lüftung nicht gewährleistet werden, ist eine technische Lüftung zu installieren. Lüftungstotzonen, wie z.B. durch abgestellte Fahrzeuge, Werkstatteinrichtungen oder den Gebäudegrundriss, sind immer zu vermeiden!

## 6 Bauliche Anforderungen an Kfz-Werkstätten

---

Eine ausreichende Zuluft ist im Deckenbereich zu gewährleisten.

**Achtung:** Fluchttüren müssen nach außen aufgehen und lassen sich bei ungenügender Zuluft (Unterdruck in der Werkstatt) nicht mehr öffnen!

Wird bei LPG der Gasfahrzeugarbeitsbereich abgetrennt, muss die Abtrennung hier dicht mit dem Boden abschließen.

### 6.2 Abstellbereich für Gasfahrzeuge

Wenn Hinweise für Undichtigkeiten vorliegen, dürfen die entsprechenden Gasfahrzeuge für längere Zeit oder über Nacht grundsätzlich nur im Freien abgestellt werden. Diese Fahrzeuge sind eindeutig zu kennzeichnen. Abstellbereiche im Freien müssen bei CNG, CGH<sub>2</sub> eine ausreichende Lüftung im oberen Niveau (z.B. keine dichten Dächer) oder bei LPG im unteren Niveau (keine dichten Umrandungen, Mauern oder Zäune) gewährleisten. Bei dichten Gasanlagen werden z.B. an den Ausstellungsraum oder Abstellbereich keine weiteren Anforderungen gestellt.

Müssen Gasfahrzeuge mit technisch dichter Anlage aus betrieblichen Gründen in geschlossenen Räumen (z.B. Neu- oder Gebrauchtfahrzeuge im Ausstellungsraum) verbleiben, sind die Entnahmeventile der Tankbehälter zu schließen. Bei den meisten Fahrzeugen ist die Anlage dicht geschlossen, wenn auf Benzinbetrieb umgeschaltet ist oder bei "Zündung aus". Bei LPG-Fahrzeugen ist zusätzlich die Entnahmeleitung durch Laufenlassen des Motors im Gasbetrieb zu leeren.

### 6.3 Abblasbereich

Die Abblasbereiche und das Vorgehen beim Entleeren einer LPG-Anlage sind in dem "Praxisratgeber Tankentleerung bei Flüssiggas (LPG)-Fahrzeugen" ausführlich beschrieben. Dieser Praxisratgeber ist im Anhang abgedruckt. Die in diesem Praxisratgeber dargestellten Anforderungen gelten für das Entleeren von Erdgasanlagen entsprechend.

Auf das Entleeren der Gasanlage durch Entspannen/Abblasen sollte - soweit möglich - verzichtet werden, da es sich bei Erdgas um ein Klimagas handelt (Wasserstoff (CGH<sub>2</sub>) gilt nicht als Klimagas). Wenn abgeblasen wird, sind auf jeden Fall die Vorgaben des Fahrzeug- und Anlagenherstellers zu beachten.

Das Entspannen durch Abblasen von LPG-, CNG- und CGH<sub>2</sub>-Anlagen darf, wenn keine entsprechende Sensorik und zusätzliche technische Vorkehrungen vorhanden sind, nur im Freien erfolgen. Für das Entspannen der Gasanlage wird eine gekennzeichnete Fläche (Sicherheitsbereich) benötigt. In diesem Bereich dürfen sich während des Entspannvorganges keine Fahrzeuge, auch nicht das Fahrzeug, aus dem das Gas abgelassen wird, befinden. Andere Arbeiten dürfen während des Abblasens in diesem Bereich nicht ausgeführt werden. Der Sicherheitsbereich ist abzusperrern (Flutterband) und an den Zugängen deutlich erkennbar mit der Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre zu kennzeichnen (BGV A8 Anlage 2W21, ASR A 1.3).

## 6 Bauliche Anforderungen an Kfz-Werkstätten

Das Entspannen der Anlage bei Gewittergefahr ist generell durch Betriebsanweisung zu untersagen. Alternativ ist der Abblasbereich mit einer Blitzschutzanlage (Blitzableiter) auszurüsten.

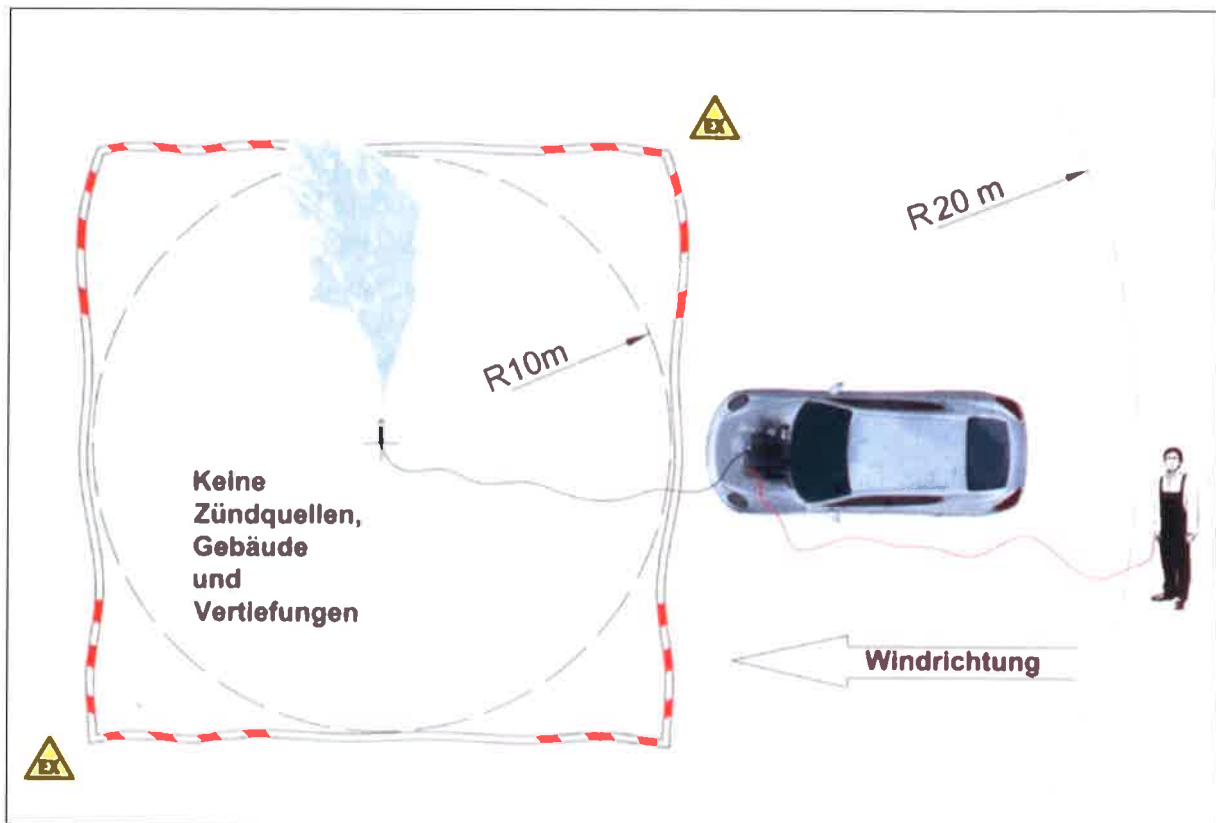


Abbildung 6-1: Absperrter Sicherheitsbereich zum Abblasen von LPG (Quelle: Praxisratgeber Tankentleerung bei Flüssiggas (LPG)-Fahrzeugen)

Ein Sicherheitsbereich mit einem Radius von 5 m ist in folgenden Fällen ausreichend:

- ⇒ Entleerungsanlage für die Flüssigphase des LPG mit anschließendem Abbrennen der Gasphase.
- ⇒ Ausschließliches Abbrennen der Flüssig- und Gasphase.
- ⇒ Entleerung der  $\text{CGH}_2$ -Anlage über Abblaskamin/Entleerungsleitung mit mindestens 3 m Höhe.

### 6.3.1 Besonderheit CNG/ $\text{CGH}_2$

Wird der Abblasbereich ganz oder teilweise überdacht, muss sichergestellt sein, dass das austretende Gas frei nach oben abströmen kann. CNG- und Wasserstoffanlagen können auch über einen Abblaskamin/eine Entleerungsleitung entleert werden. Wichtig ist hierbei, dass die Austrittsöffnung des Abblaskamins/der Entleerungsleitung höher ist als Fenster und sonstige Öffnungen in umliegenden Gebäuden.

## 6 Bauliche Anforderungen an Kfz-Werkstätten

### 6.3.2 Besonderheit LPG

LPG-Anlagen dürfen nur in Bereichen entspannt werden, die sich oberhalb der Erdgleiche befinden. Darüber hinaus dürfen sich in einem Radius von 10 m um die Abblasöffnung der "Entspannleitung" keine Senken, Gruben, Kanäle, Keller oder andere tiefer gelegenen Räume befinden.

## 6.4 Lagerbereich für ausgebaute und nicht inertisierte Gasbehälter

Ausgebaute Gasbehälter mit Restinhalten müssen deutlich gekennzeichnet sein (Druck und Medium). In der Praxis haben sich Aufkleber oder Anhängelabels bewährt. Diese sollten so gestaltet sein, dass sie den Mitarbeitern den aktuellen Status der Gasbehälter zeigen und diese dadurch wissen, für welche Art von Arbeiten die Behälter in ihrem jeweiligen Zustand freigegeben sind. Die Lagerung dieser Behälter hat nach TRGS 510 "Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern" zu erfolgen.

Sofern ausgebaute Gastanks für eine Bereitstellungszeit von mehr als 8 Stunden (eine Schichtlänge) zum Wiedereinbau abgelegt werden, handelt es sich um eine Lagerung und die speziellen Lagervorschriften sind zu beachten. Werden Gastanks nach dem Ausbau nur kurzfristig abgelegt, um z.B. Korrosionsschutzarbeiten am Fahrzeug vorzunehmen, können sie, wenn ein Ausströmen von Gas ausgeschlossen werden kann, auch in der Nähe des Arbeitsplatzes verbleiben.

Fuel Cell Activities  
**HSS System Status**

Type: \_\_\_\_\_

Serial-No.: \_\_\_\_\_

Purged With:  N<sub>2</sub>  He  other: \_\_\_\_\_

Pressure: \_\_\_\_\_ bar

Date: \_\_\_\_\_

HSS-Team Responsible: \_\_\_\_\_

**HSS-Team Check!!!**

for dismantling   Mounting  
zum Ausbau  Einbau

Approved freigegeben  Blocked gesperrt

Approved for Warehousing  
Freigabe zur Einlagerung

Abbildung 6-2: Kennzeichnung für CGH<sub>2</sub>-Behälter, Beispiel Opel

### 6.4.1 Lagerung im Freien

Ausgebaute und nicht inertisierte Gasbehälter dürfen nicht im allgemeinen Wartungs- und Instandsetzungsbereich gelagert werden. Der Lagerbereich sollte sich im Freien befinden. Der Lagerbereich für Gasbehälter ist zu kennzeichnen und kann, z.B. durch ein enges Maschengeflecht, gegen den Zugriff durch Unbefugte gesichert werden. In jedem Fall muss ein ungehinderter Luftaustausch mit der Umgebungsluft möglich sein. Je nach Lagergröße müssen eventuelle Auflagen an den Lagerbereich mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden.

## 6 Bauliche Anforderungen an Kfz-Werkstätten

---

### 6.4.1.1 Besonderheit CNG/CGH<sub>2</sub>

Bei Lagerbereichen für die Behälter muss sichergestellt sein, dass eventuell austretendes Gas ungehindert nach oben abströmen kann. Weiterführende Handhabungshinweise des Herstellers sind zu beachten.

### 6.4.1.2 Besonderheit LPG

Bei Lagerbereichen für LPG-Behälter ist sicherzustellen, dass sich im Radius von 10 m keine Senken, Gruben, Kanäle, Keller oder andere tiefer gelegenen Räume befinden. Weiterführende Handhabungshinweise des Herstellers sind zu beachten.

### 6.4.2 Lagerung im Gebäude

Auf die Lagerung nicht inertisierter Gasbehälter in Gebäuden sollte grundsätzlich verzichtet werden. Ist dies im Ausnahmefall erforderlich, muss durch technische Maßnahmen sichergestellt sein, dass sich in keinem Fall eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann.



### 7 Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung

Wie bei allen anderen Arbeiten muss der Arbeitgeber ermitteln, welche Gefahren für seine Mitarbeiter möglicherweise bei der Arbeit an Gasanlagen entstehen können und welche Maßnahmen zu beachten sind, damit es nicht zu einer Gefährdung kommt.

Das Muster für eine Checkliste zur Dokumentation der Gefährdungen und Maßnahmen ist im Anhang abgedruckt. Diese Muster-Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach Arbeitsschutzgesetz wurde vom Präventionsdienst der Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften zusammengestellt. Sie soll kleineren Betrieben eine Handlungshilfe sein und die Arbeit erleichtern. Eine Empfehlung zur Vorgehensweise beim Arbeiten mit den Unterlagen und Muster für weitere Arbeitsbereiche sind auf der Internetseite der Berufsgenossenschaft Holz und Metall zu finden.

Auf Grundlage der durchgeführten Gefährdungsbeurteilung sind für die einzelnen Arbeitsbereiche bzw. Tätigkeiten Betriebsanweisungen zu erstellen. Muster für diese Betriebsanweisungen sind ebenfalls im Anhang abgedruckt. In diesen Betriebsanweisungen sind die an dem jeweiligen Arbeitsplatz bzw. bei der jeweiligen Tätigkeit zu beachtenden Maßnahmen festzulegen.

#### 7.1 Qualifikationen

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist zu ermitteln, welche zusätzliche Qualifizierung (intern oder extern) die einzelnen Mitarbeiter für die Arbeiten an dem Gasfahrzeug oder der Gasanlage erhalten müssen.

Personen, die an Gasanlagen arbeiten, müssen fach- und sachkundig sein. Sie müssen eine zusätzliche Schulung (z.B. Herstellerschulung oder gültige GAP- oder GSP-Schulung) absolviert haben und die Vorgaben der Fahrzeughersteller/Gasanlagenhersteller/-importeure kennen und beachten.

Für die Wiederinbetriebnahme, z.B. nach einer Reparatur, ist eine Gasanlagenprüfung (GAP) nach § 41a StVZO von einer hierfür berechtigten Person, z.B. in einer anerkannten "GAP-Werkstatt", durchzuführen.

### Durchführung der Beurteilung der Arbeitsbedingungen und ihre Dokumentation

<input type="checkbox"/>	Arbeitsbereich	<b>Kraftstoffanlage (Erdgas, Compressed Natural Gas - CNG)</b> <input type="checkbox"/> Arbeiten an Fahrzeugen mit dichter Gasanlage, sowie Arbeiten in deren Nähe <input type="checkbox"/> Arbeiten an Kraftstoff führenden Teilen <input type="checkbox"/> Tankentleerung <input type="checkbox"/> Lackieren von Fahrzeugen mit dichter Gasanlage <input type="checkbox"/> Umgang mit Unfallfahrzeugen	<b>Informationen:</b> GefStoffV, BetrSichV, TRBS 2152-T1, -T2 u. -T4, TRGS 721, TRGS 401, TRGS 402, BGV A 1, BGV D 29, BGR 157, BGI 550, BGI 808, SVZO.  Einbau und Arbeiten an der Gasanlage durch fachlich geschultes Personal. Notwendige Schulung für die Gassystemprüfung (GSP) der eingebauten Gasanlagen vor der ersten Inbetriebnahme.  Abgeschlossene Schulung für die Gasanlagenprüfung (GAP) als wiederkehrende und sonstige Prüfung, z.B. nach Teilinstandhaltung der Gasanlage.  Anerkennung von Kraftfahrzeugwerkstätten zur Durchführung von Gassysteminbauprüfungen oder wiederkehrenden und sonstigen Prüfungen nach der 42. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften (Gasfahrzeuge) durch die zuständige Anerkennungsstelle.
<input type="checkbox"/>	Berufsgruppe/Person		
<input type="checkbox"/>	Tätigkeiten		


Lfd. Nr.	G-Faktor	Ermittelte Gefährdungen und deren Beschreibung	Gefährdungen bewerten		Maßnahmen	Bearbeiter/ Berater	Termin		wirksam ja/nein
			Risiko G M K	Handl- bedarf ja/nein			erledigt		
<b>Arbeiten an Fahrzeugen mit dichter Gasanlage, sowie Arbeiten in deren Nähe</b>									
		<b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b> Beachtung der Standardgefährdungen, wie an einem Fahrzeug ohne Gasanlage Bildung und Zündung explosionsfähiger Atmosphäre, bei Beschädigung der Gasanlage Explosionsschutz zonen sind festgelegt und werden beachtet			o Keine Trenn- und Schweißarbeiten in unmittelbarer Nähe der Gasanlage, ansonsten Gasanlage entleeren				

Abbildung wird fortgesetzt.



Arbeiten an Gas führenden Teilen (Instandhaltung)							
	<p><b>3.1 Gase</b> Narkotisierende Wirkung durch Einatmen geringer Konzentrationen Erstickten durch Einatmen hoher Konzentrationen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Handabsperrventil bzw. Ventile der Gasbehälter schließen</li> <li>o Mindestens 3facher Luftwechsel am Arbeits- und Abstellplatz</li> <li>o Entlüftungsöffnungen im Dachbereich öffnen, für Zuluft sorgen</li> <li>o Betriebsanweisung</li> </ul>					
	<p><b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b> Bildung und Zündung explosionsfähiger Atmosphäre Explosionsschutzzonen sind festgelegt und werden beachtet</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Wechsel der Tankventile nur bei vollständig entleertem Tank (Flüssig- und Gasphase)</li> <li>o Mindestens 3facher Luftwechsel am Arbeits- und Abstellplatz (Gasfahrzeugarbeitsbereich)</li> <li>o Entlüftungsöffnungen im Dachbereich öffnen, für Zuluft sorgen</li> <li>o Bei kontrolliertem Freisetzen von Gas (Öffnen der Gasanlage, hierzu zählt <b>nicht</b> das Öffnen des Gaslanks) Handabsperrventil schließen</li> <li>o Gasmengen auf die in der Gasleitung befindlichen Menge eines Pkw begrenzen</li> <li>o Vermeidung wirksamer Zündquellen</li> <li>o Rauchverbot</li> <li>o Geeignete, leicht zugängliche Feuerlöscheinrichtung</li> <li>o Betriebsanweisung</li> </ul>					

Abbildung wird fortgesetzt.



Entleerung von Gasbehältern (Tankentleerung)						
	<p><b>3.1 Gase</b></p> <p>Narkotisierende Wirkung durch Einatmen geringer Konzentrationen</p> <p>Erstickten durch Einatmen hoher Konzentrationen</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Gasbehälter <b>nicht</b> in Räumen entleeren</li> <li><input type="checkbox"/> Betriebsanweisung</li> </ul>		
	<p><b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b></p> <p>Bildung und Zündung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre</p> <p>Explosionsschutzonen sind festgelegt und werden beachtet</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Gastank zum Werkstatttermin leer fahren</li> <li><input type="checkbox"/> Gasbehälter <b>nicht</b> in Räumen entleeren</li> <li><input type="checkbox"/> Gasrest trotz leer angezeigtem Tank vorhanden</li> <li><input type="checkbox"/> Restinhalt vollständig entleeren, bis ein druckloser Zustand vorliegt</li> <li><input type="checkbox"/> Handabsperrventil bzw. Ventile der Gasbehälter schließen</li> <li><input type="checkbox"/> Sicherheitsbereich (mind. 5 m Radius) festlegen</li> <li><input type="checkbox"/> Sicherheitsbereich absperren (Flutterband) und an den Zugängen deutlich sichtbar kennzeichnen (BGV A8)</li> <li><input type="checkbox"/> Innerhalb des Sicherheitsbereiches keine wirksamen Zündquellen, wie z.B. offenes Feuer (ausgenommen Gasfackel), elektrische Funken, elektrostatische Entladungen und heiße Oberflächen</li> <li><input type="checkbox"/> Rauchverbot</li> <li><input type="checkbox"/> Verhindern, dass ausströmendes Gas in angrenzende Gebäude (offene Fenster) strömen kann, Windrichtung beachten</li> <li><input type="checkbox"/> Darauf achten, dass kein Gas in das Fahrzeug gelangt</li> <li><input type="checkbox"/> Während des Entleerungsvorganges Fahrzeug beaufsichtigen</li> <li><input type="checkbox"/> Geeignete, leicht zugängliche Feuerlöscheinrichtung</li> <li><input type="checkbox"/> Betriebsanweisung</li> </ul>		

Abbildung wird fortgesetzt.



<b>Lackieren von Fahrzeugen mit dichter Gasanlage</b>			
	<p><b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b></p> <p>Freisetzen von Erdgas bei Temperaturen von über 60 °C in Trocknern für Beschichtungssstoffe durch Öffnen des Überdruckventil bzw. der Schmelzsicherung am Tankventil</p> <p>Bildung und Zündung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre</p> <p>Explosionsschutzonen sind festgelegt und werden beachtet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>o Ausbau oder Entleerung mit anschließender Inertisierung des Gasbehälters</li> </ul>
<b>Umgang mit Unfallfahrzeugen</b>			
	<p><b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b></p> <p>Bildung und Zündung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre</p> <p>Explosionsschutzonen sind festgelegt und werden beachtet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>o Abstellen des Fahrzeugs im Freien</li> <li>o Handabsperrventil bzw. Ventile der Gasbehälter schließen</li> <li>o Vor Einfahrt in die Werkstatt Dichtigkeit der Gasanlage sicherstellen</li> <li>o Im Zweifel Gasanlagenprüfung (GAP) durch anerkannte Werkstatt durchführen</li> <li>o Bei wahrnehmbaren Abblaseräuschen Fahrzeug im Freien abstellen. Sicherheitsbereich einrichten</li> <li>o Rauchverbot</li> </ul>

Abbildung wird fortgesetzt.



<input type="checkbox"/>	Arbeitsbereich	<b>Kraftstoffanlage (Flüssiggas, Liquid Petroleum Gas - LPG)</b> <input type="checkbox"/> Umrüstung auf Flüssiggas <input type="checkbox"/> Arbeiten an Fahrzeugen mit dichter Gasanlage, sowie Arbeiten in deren Nähe <input type="checkbox"/> Arbeiten an Kraftstoff führenden Teilen <input type="checkbox"/> Tankentleerung (Flüssiggasbehälter) <input type="checkbox"/> Lackieren von Fahrzeugen mit dichter Gasanlage <input type="checkbox"/> Umgang mit Unfallfahrzeugen	<b>Informationen:</b>  GefStoffV, BetrSichV, TRBS 2152-T1, T2, u. -T4, TRGS 721, TRGS 401, TRGS 402, BGV A 1, BGV D 29, BGR 157, BGI 550, BGI 808; Praxisratgeber "Tankentleerung bei Flüssiggas (LPG)-Fahrzeugen" der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) und des Zentralverbandes Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK), StVZO.  Einbau und Arbeiten an der Gasanlage durch fachlich geschultes Personal.  Notwendige Schulung für die Gassystemprüfung (GSP) der eingebauten Gasanlagen vor der ersten Inbetriebnahme.  Abgeschlossene Schulung für die Gasanlagenprüfung (GAP) als wiederkehrende und sonstige Prüfung, z.B. nach Teilinstandhaltung der Gasanlage.  Anerkennung von Kraftfahrzeugwerkstätten zur Durchführung von Gassystemeinbauprüfungen oder wiederkehrenden und sonstigen Prüfungen nach der 42. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften (Gasfahrzeuge) durch die zuständige Anerkennungsstelle.
<input type="checkbox"/>	Berufsgruppe/Person		
<input type="checkbox"/>	Tätigkeiten		

Lfd. Nr.	G-Faktor	Ermittelte Gefährdungen und deren Beschreibung	Gefährdungen bewerten		Maßnahmen	Bearbeiter/Berater	Termin erledigt	wirksam ja/nein
			Risiko	Handl.-bedarf				
			G	M	K			
<b>Arbeiten bei der Umrüstung auf Flüssiggas</b>								
		<b>1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen</b> ungeeignete Werkzeuge  scharfe Kanten						
<b>Arbeiten an Fahrzeugen mit dichter Gasanlage, sowie Arbeiten in deren Nähe</b>								
		<b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b> Standardgefährdungen, wie an einem Fahrzeug ohne Gasanlage Bildung und Zündung explosionsfähiger Atmosphäre, bei Beschädigung der Gasanlage Explosionsschutzzonen sind festgelegt und werden beachtet				<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> geeignete Werkzeuge verwenden</li> <li><input type="checkbox"/> technische Hilfsmittel</li> <li><input type="checkbox"/> Schutzhandschuhe</li> <li><input type="checkbox"/> Einbauanweisung des Anlagenherstellers beachten</li> </ul>		
						<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Keine Trenn- und Schweißarbeiten in unmittelbarer Nähe der Gasanlage, ansonsten Gasanlage entleeren</li> </ul>		

Abbildung wird fortgesetzt.




Arbeiten an Gas (Flüssig- und Gasphase) führenden Teilen (Instandhaltung)					
	<p><b>3.1 Gase</b> Narkotisierende Wirkung durch Einatmen geringer Konzentrationen Erstickten durch Einatmen hoher Konzentrationen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Überprüfen, ob Tankentnahmevertil geschlossen ist, ggf. Magnetspule des Entnahmevertils abziehen</li> <li>o Möglichen Defekt des Entnahmevertils (keine Schließfunktion) in Betracht ziehen</li> <li>o Mindestens 3facher Luftwechsel am Arbeits- und Abstellplatz</li> <li>o Der Arbeits- und Abstellplatz muss über Erdgleiche liegen.</li> <li>o Im Umkreis von 3 m des Entnahmevertils keine Bodeneinläufe, Kanäle oder ähnliches</li> <li>o Gasanlage nicht über unbelüftete Arbeitsgruben oder Unterfluranlagen öffnen</li> </ul>			
	<p><b>3.4 Flüssigkeiten</b> Einwirkung von Verunreinigungen auf die Haut Erfrierungen der Haut durch Kontakt mit Flüssiggas Augenschäden durch Kontakt mit Flüssiggas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Tragen von Schutzhandschuhen mit einer Stulpenlänge von mind. 20 cm</li> <li>o Korbschutzbrille tragen</li> <li>o Betriebsanweisung</li> </ul>			
	<p><b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b> Bildung und Zündung explosionsfähiger Atmosphäre Explosionsschutz zonen sind festgelegt und werden beachtet</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Wechsel der Tankventile nur bei vollständig entleertem Tank (Flüssig- und Gasphase)</li> <li>o Mindestens 3facher Luftwechsel am Arbeits- und Abstellplatz (Gasfahrzeugarbeitsbereich)</li> <li>o Bei kontrolliertem Freisetzen von Gas (Öffnen der Gasanlage, hierzu zählt nicht das Öffnen des Gastanks) sicherstellen, dass ein Nachströmen aus dem Gasbehälter ausgeschlossen ist</li> <li>o Gasmengen auf die in der Gasleitung befindlichen Menge eines Pkws begrenzen</li> <li>o Vermeidung wirksamer Zündquellen</li> <li>o Rauchverbot</li> <li>o Betriebsanweisung</li> <li>o Geeignete, leicht zugängliche Feuerlöscheinrichtung</li> </ul>			

Abbildung wird fortgesetzt.



Entleerung von Flüssiggasbehältern (Tankentleerung)					
	<p><b>3.1 Gase</b></p> <p>Narkotisierende Wirkung durch Einatmen geringer Konzentrationen</p> <p>Ersticken durch Einatmen hoher Konzentrationen</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>o Autogasbehälter <b>nicht</b> in Räumen entleeren</li> <li>o Korbschutzbrille tragen</li> <li>o Betriebsanweisung</li> <li>o Flüssiggasflaschen werden nicht unter Erdgleiche oder in der Nähe von Bodenöffnungen gelagert</li> <li>o Flüssiggasflaschen sind möglichst im Freien, vor Sonneneinstrahlung und gegen Zugriff Unbefugter geschützt aufgestellt</li> </ul>		
	<p><b>3.4 Flüssigkeiten</b></p> <p>Einwirkung von Verunreinigungen auf die Haut</p> <p>Erfrierungen der Haut durch Kontakt mit Flüssiggas</p> <p>Augenschäden durch Kontakt mit Flüssiggas</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>o Tragen von Schutzhandschuhen mit einer Stulpenlänge von mind. 20 cm</li> <li>o Korbschutzbrille tragen</li> <li>o Betriebsanweisung</li> </ul>		

Abbildung wird fortgesetzt.






Entleerung von Flüssiggasbehältern (Tankentleerung)	
	<p><b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b></p> <p>Bildung und Zündung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre</p> <p>Explosionsschutz zonen sind festgelegt und werden beachtet</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Gastank bis zum Werkstatttermin leer fahren</li> <li>o Autogasbehälter <b>nicht</b> in Räumen entleeren</li> <li>o Flüssiggasrest trotz leer angezeigtem Tank vorhanden</li> <li>o Restinhalt (Flüssig- und Gasphase) vollständig entleeren, bis ein druckloser Zustand vorliegt</li> <li>o Fehlerfälle des Tankentnahmeventils (nicht Schließen oder nicht Öffnen) berücksichtigen</li> <li>o Entsprechend dem Fehlerfall die Entleerungsleitung anschließen. Vorgehensweise z.B. gemäß „Praxisratgeber Tankentleerung“ der DGUV bzw. des ZDK</li> <li>o Sicherheitsbereich festlegen, siehe „Praxisratgeber Tankentleerung“</li> <li>o Sicherheitsbereich absperren (Flutterband) und an den Zugängen deutlich sichtbar kennzeichnen (BGV A8)</li> <li>o Innerhalb des Sicherheitsbereiches keine wirksamen Zündquellen, wie z.B. offenes Feuer (ausgenommen Flüssiggasfackel), elektrische Funken, elektrostatische Entladungen und heiße Oberflächen.</li> <li>o Innerhalb des Sicherheitsbereiches keine Vertiefungen, wie z.B. Senken, Gruben, Kanäle, Keller oder andere tiefer gelegene Räume, in denen Gas fließen kann</li> <li>o Verhindern, dass ausströmendes Gas in angrenzende Gebäude (offene Fenster) strömen kann, Windrichtung beachten</li> <li>o Darauf achten, dass kein Gas in das Fahrzeug gelangt</li> <li>o Während des Entleerungsvorganges Fahrzeug beaufsichtigen</li> <li>o Bei nicht öffnendem Tankentnahmeventil manuelles Ventil schließen, Tank ausbauen und ins Freie bringen, siehe „Praxisratgeber Tankentleerung“</li> <li>o Geeignete, leicht zugängliche Feuerlöschrichtung</li> <li>o Betriebsanweisung</li> </ul>

Abbildung wird fortgesetzt.

Lackieren von Fahrzeugen mit dichter Gasanlage				
	<b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b>	<p>Freisetzen von Erdgas bei Temperaturen von über 60°C in Trocknern für Beschichtungsstoffe durch Öffnen des Überdruckventiles bzw. der Schmelzsicherung am Tankventil</p> <p>Bildung und Zündung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre</p> <p>Explosionsschutz zonen sind festgelegt und werden beachtet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ausbau oder Entleerung mit anschließender Inertisierung des Autogasbehälters</li> </ul>
Umgang mit Unfallfahrzeugen				
	<b>5.2 explosionsfähige Atmosphäre</b>	<p>Bildung und Zündung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre</p> <p>Explosionsschutz zonen sind festgelegt und werden beachtet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Abstellen des Fahrzeugs im Freien</li> <li>○ Vor Einfahrt in die Werkstatt Dichtigkeit der Gasanlage sicherstellen</li> <li>○ Im Zweifel Gasanlagenprüfung (GAP) durch anerkannte Werkstatt durchführen</li> <li>○ Bei wahrnehmbaren Abblasgeräuschen Fahrzeug im Freien abstellen. Sicherheitsbereich einrichten, siehe „Praxisratgeber Tankentleerung“</li> </ul>



Betriebsanweisung für Gefahrstoffe gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung	
<h1>Flüssiggas (Propan/Butan)</h1> <p>Handelsname: _____</p>	
GEFAHRENPIKTOGRAMME	GEFAHRENSYMBOL
 <p><b>Gefahr</b>    <b>Achtung</b></p>	 <p>Flammpunkt &lt;math&gt;T_{cl}&lt;/math&gt;</p>
MÖGLICHE GEFAHREN	
<p><b>ALLGEMEINE GEFAHREN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extrem entzündbares Gas.</li> <li>- Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.</li> <li>- Gas ist schwerer als Luft.</li> </ul>	<p><b>GEFAHREN FÜR PERSONEN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enthält tiefgekühltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder Verletzungen verursachen.</li> <li>- Bei höheren Konzentrationen besteht Erstickungsgefahr.</li> <li>- Atembeschwerden, Schwindel und Benommenheit bei geringen Konzentrationen möglich.</li> </ul>
VERHALTENSREGELN/SICHERHEITSHINWEISE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.</li> <li>- Vor Einfahrt in die Werkstatt Fahrzeug auf Gasaustritt prüfen.</li> <li>- Keine starke Funkenbildung und Wärmeeintrag in der Nähe gasführender Teile und Leitungen.</li> <li>- Tankentleerung nicht in Räumen durchführen.</li> <li>- Austreten des Gases vermeiden, sonst besteht Brand- und Explosionsgefahr.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Vertiefungen am Gasarbeitsplatz, in die Gas fließen kann.</li> <li>- Gestellbrille mit Seitenschutz tragen.</li> <li>- Kältebeständige Handschuhe tragen.</li> <li>- Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.</li> <li>- Gute Raumlüftung im Bodenbereich.</li> <li>- Gasanlage nicht über Arbeitsgruben öffnen.</li> <li>- Trocknertemperaturen &lt;math&gt;&lt; 60\text{ °C}&lt;/math&gt;.</li> <li>- Luftwechselrate <math>\geq 3/h</math> gewährleisten.</li> </ul>
VERHALTEN IM GEFAHRFALL	
<p><b>ACHTUNG:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahrenbereich räumen und absperren; Vorgesetzten informieren.</li> <li>- Wenn ohne Risiko möglich, Gaszufuhr absperren oder Leck schließen.</li> <li>- Für gute Belüftung/Absaugung sorgen.</li> <li>- Elektrische Geräte im Bodenbereich abschalten.</li> </ul>	<p><b>BRANDFALL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produkt ist brennbar. Gaszufuhr stoppen, erst dann mit tragbarem Feuerlöscher den Brand löschen. Löschstrahl direkt gegen die Flamme richten. Bei Brand unter Beachtung des Selbstschutzes gefüllte Druckgasflaschen aus dem Gefahrenbereich bringen. Ist das nicht möglich, mit Wasser aus geschützter Stellung besprühen. Bei Brand in der Umgebung Behälter mit Sprühwasser kühlen.</li> </ul>
ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN	
<p><b>BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 bis 15 Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. Augenarzt hinzuziehen.</li> </ul> <p><b>BEI VERBRENNUNGEN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sofortige Kühlung der betroffenen Hautpartien mit Wasser.</li> </ul>	<p><b>BEI EINATMEN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- An die frische Luft bringen und in einer Position ruhig stellen, die das Atmen erleichtert. Je nach Symptomatik sofort ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.</li> </ul>
LAGERUNG/ENTSORGUNG	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- An einem kühlen und gut belüfteten Ort lagern und dicht verschlossen halten.</li> <li>- Behälter gemäß Gefahrstoffverordnung kennzeichnen.</li> <li>- Leere Behälter stellen eine Brandgefahr dar, da sie entzündliche Produktreste und -dämpfe enthalten können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leere und defekte Flüssiggasflaschen/-tanks kennzeichnen.</li> <li>- Rückgabe an den Lieferanten.</li> </ul>

ALLGEMEINER TEIL

Abbildung wird fortgesetzt.

BETRIEBSSPEZIFISCHER TEIL

Betriebsanweisung für Gefahrstoffe gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung

## Flüssiggas (Propan/Butan)

Handelsname:

---

### ARBEITSBEREICHE

<input type="checkbox"/> Direktannahme <input type="checkbox"/> Kfz-Werkstatt <input type="checkbox"/> Prüfbereich (z.B. HU/AU/SP) <input type="checkbox"/> Karosserie-Instandsetzung <input type="checkbox"/> Lackiererei <input type="checkbox"/> Teilelager <input type="checkbox"/> Lager für Betriebsstoffe	<input type="checkbox"/> Waschhalle <input type="checkbox"/> Abfallsammelstation <input type="checkbox"/> <input style="width: 150px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> <input style="width: 150px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> <input style="width: 150px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> <input style="width: 150px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> <input style="width: 150px;" type="text"/>
--	--

---

### TÄTIGKEITEN

(z.B. Einbau der Flüssiggasanlage, Wechsel des Gastanks oder anderer Teile der Gasanlage)

---

### ARBEITSBEREICHSBEOZUGENE MASSNAHMEN

---

ERSTHELFER	ARZT	NOTRUF
Name: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Name: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Name: <input style="width: 150px;" type="text"/>
Abteilung: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Abteilung: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Abteilung: <input style="width: 150px;" type="text"/>
Telefon: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Telefon: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Telefon: <input style="width: 150px;" type="text"/>



NOTFALL: -112

Wo geschah der Unfall?  
 Was geschah?  
 Wie viele Verletzte?  
 Welche Art von Verletzungen?  
 Wer meldet den Unfall?  
 Warten auf Rückfragen.

Nr. für Amtsleitung

Erstellt:  Bearbeitet:

Datum/Stand:  Datum/Stand:

Betriebsanweisung für Gefahrstoffe gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung	
<b>Erdgas (CNG)</b>	
Handelsname: <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 150px; height: 1em;"></span>	
GEFAHRENIKTOGRAMME	GEFAHRENSYMBOL
 <b>Gefahr</b> <b>Achtung</b>	
MÖGLICHE GEFAHREN	
<b>ALLGEMEINE GEFAHREN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extrem entzündbares Gas.</li> <li>- Kann bei Verwendung explosionsfähige/entzündbare Dampf/Luft-Gemische bilden.</li> <li>- Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.</li> <li>- Gas ist leichter als Luft.</li> </ul>	<b>GEFAHREN FÜR PERSONEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei höheren Konzentrationen besteht Erstickungsgefahr.</li> <li>- Atembeschwerden, Schwindel und Benommenheit bei geringen Konzentrationen möglich.</li> <li>- Enthält tiefgekühltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder Verletzungen verursachen.</li> </ul>
VERHALTENSREGELN/SICHERHEITSHINWEISE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.</li> <li>- Vor Einfahrt in die Werkstatt Fahrzeug auf Gasaustritt prüfen.</li> <li>- Austreten des Gases vermeiden, sonst besteht Brand- und Explosionsgefahr.</li> <li>- Keine starke Funkenbildung und Wärmeeintrag in der Nähe gasführender Teile und Leitungen.</li> <li>- Tankentleerung nicht in Räumen durchführen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestellbrille mit Seitenschutz tragen.</li> <li>- Kältebeständige Handschuhe tragen.</li> <li>- Für gute Belüftung/Absaugung am Arbeitsplatz sorgen.</li> <li>- Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.</li> <li>- Dachluke im Deckenbereich öffnen.</li> <li>- Technische Lüftung im Deckenbereich einschalten.</li> <li>- Trocknertemperaturen &lt; 60 °C.</li> <li>- Luftwechselrate ≥ 3/h gewährleisten.</li> </ul>
VERHALTEN IM GEFAHRFALL	
<b>ACHTUNG:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahrenbereich räumen und absperren; Vorgesetzten informieren.</li> <li>- Wenn ohne Risiko möglich, Gaszufuhr absperren oder Leck schließen.</li> <li>- Für gute Belüftung/Absaugung sorgen.</li> <li>- Elektrische Geräte im Deckenbereich abschalten.</li> </ul>	<b>BRANDFALL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produkt ist brennbar. Gaszufuhr stoppen, erst dann mit tragbarem Feuerlöscher den Brand löschen. Löschstrahl direkt gegen die Flamme richten. Bei Brand unter Beachtung des Selbstschutzes gefüllte Druckgasflaschen aus dem Gefahrenbereich bringen. Ist das nicht möglich, mit Wasser aus geschützter Stellung besprühen. Bei Brand in der Umgebung Behälter mit Sprühwasser kühlen.</li> </ul>
ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN	
<b>BEI VERBRENNUNGEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sofortige Kühlung der betroffenen Hautpartien mit Wasser.</li> </ul>	<b>BEI EINATMEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- An die frische Luft bringen und in einer Position ruhig stellen, die das Atmen erleichtert. Je nach Symptomatik sofort ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.</li> </ul>
LAGERUNG/ENTSORGUNG	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- An einem kühlen und gut belüfteten Ort lagern und dicht verschlossen halten.</li> <li>- Behälter gemäß Gefahrstoffverordnung kennzeichnen.</li> <li>- Leere Behälter stellen eine Brandgefahr dar, da sie entzündliche Produktreste und -dämpfe enthalten können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Getrennt von Oxidationsmitteln aufbewahren.</li> <li>- Abseits von Halogenen lagern.</li> <li>- Leere und defekte Druckgasflaschen kennzeichnen.</li> <li>- Rückgabe an den Lieferanten.</li> </ul>

ALLGEMEINER TEIL

Abbildung wird fortgesetzt.

BETRIEBSSPEZIFISCHER TEIL

Betriebsanweisung für Gefahrstoffe gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung

## Erdgas (CNG)

**Handelsname:** \_\_\_\_\_

---

### ARBEITSBEREICHE

<input type="checkbox"/> Direktannahme <input type="checkbox"/> Kfz-Werkstatt <input type="checkbox"/> Prüfbereich (z.B. HU/AU/SP) <input type="checkbox"/> Karosserie-Instandsetzung <input type="checkbox"/> Lackiererei <input type="checkbox"/> Teilelager <input type="checkbox"/> Lager für Betriebsstoffe	<input type="checkbox"/> Waschhalle <input type="checkbox"/> Abfallsammelstation <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> _____
--	---

---

### TÄTIGKEITEN

(z.B. Einbau der Erdgasanlage, Wechsel des Gastanks oder anderer Teile der Erdgasanlage)

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

---

### ARBEITSBEREICHSBEOZUGENE MASSNAHMEN

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

---

ERSTHELFER	ARZT	NOTRUF
Name: _____	Name: _____	Name: _____
Abteilung: _____	Abteilung: _____	Abteilung: _____
Telefon: _____	Telefon: _____	Telefon: _____

NOTFALL:

-112

Nr. für Amtsleitung

Wo geschah der Unfall?

Was geschah?

Wie viele Verletzte?

Welche Art von Verletzungen?



Wer meldet den Unfall?

Warten auf Rückfragen.

Erstellt: \_\_\_\_\_ Bearbeitet: \_\_\_\_\_

Datum/Stand: \_\_\_\_\_ Datum/Stand: \_\_\_\_\_



Betriebsanweisung für Gefahrstoffe gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung	
<b>Wasserstoff</b>	
Handelsname: _____	
GEFAHRENPIKTOGRAMME	GEFAHRENSYMBOL
 <p><b>Gefahr</b>      <b>Achtung</b></p>	
MÖGLICHE GEFAHREN	
<b>ALLGEMEINE GEFAHREN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extrem entzündbares Gas.</li> <li>- Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren. Bildet mit Luft in einem großen Konzentrationsbereich explosionsfähige Atmosphären.</li> <li>- Kann sich an der Luft bei Gegenwart von Katalysatoren, wie z.B. Rost, selbst entzünden. Explosionsgefahr!</li> <li>- Gas ist leichter als Luft.</li> <li>- Reagiert mit starken Oxidationsmitteln unter heftiger Wärmeentwicklung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei schnellem Ausströmen aus der Druckgasflasche Gefahr der elektrostatischen Aufladung und anschließender Selbstentzündung.</li> </ul> <b>GEFAHREN FÜR PERSONEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei flüssigem Wasserstoff (LH<sub>2</sub>) Erfrierungen bei Augen- und Hautkontakt.</li> <li>- Bei höheren Konzentrationen besteht Erstickungsgefahr.</li> <li>- Atembeschwerden, Schwindel und Benommenheit bei geringen Konzentrationen möglich.</li> </ul>
VERHALTENSREGELN/SICHERHEITSHINWEISE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.</li> <li>- Vor Einfahrt in die Werkstatt Fahrzeug auf Wasserstoffaustritt prüfen.</li> <li>- Fahrzeuge mit Flüssigwasserstoffspeicherung an Potenzialausgleich anschließen oder auf ableitfähigen Boden stellen.</li> <li>- Austreten des Gases vermeiden, sonst besteht Brand- und Explosionsgefahr.</li> <li>- Keine starke Funkenbildung und Wärmeeintrag in der</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nähe gasführender Teile und Leitungen.</li> <li>- Gestellbrille mit Seitenschutz tragen.</li> <li>- Kältebeständige Handschuhe tragen.</li> <li>- Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.</li> <li>- Tankentleerung nicht in Räumen durchführen.</li> <li>- Dachluke im Deckenbereich öffnen.</li> <li>- Technische Lüftung im Deckenbereich einschalten.</li> <li>- Keine synthetische Kleidung tragen.</li> <li>- Trocknertemperaturen &lt; 85 °C.</li> </ul>
VERHALTEN IM GEFAHRFALL	
<b>ACHTUNG:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahrenbereich räumen und absperren; Vorgesetzten informieren.</li> <li>- Wenn ohne Risiko möglich, Gaszufuhr absperren oder Leck schließen.</li> <li>- Für gute Belüftung/Absaugung sorgen.</li> <li>- Elektrische Geräte im Deckenbereich abschalten.</li> </ul>	<b>BRANDFALL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produkt ist brennbar. Gaszufuhr stoppen, erst dann mit tragbarem Feuerlöscher den Brand löschen. Löschstrahl direkt gegen die Flamme richten. Bei Brand unter Beachtung des Selbstschutzes gefüllte Druckgasflaschen aus dem Gefahrenbereich bringen. Ist das nicht möglich, mit Wasser aus geschützter Stellung besprühen. Bei Brand in der Umgebung Behälter mit Sprühwasser kühlen.</li> </ul>
ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN	
<b>BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verunreinigte Kleidung sofort ausziehen. Haut mit viel Wasser spülen. Erfrierungen keimfrei bedecken.</li> </ul> <b>BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 bis 15 Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. Augenarzt hinzuziehen.</li> </ul>	<b>BEI EINATMEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verletzten aus dem Gefahrenbereich bringen. Frischluftzufuhr durch Einatmen von frischer Luft oder Beatmung.</li> </ul> <b>BEI VERBRENNUNGEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sofortige Kühlung der betroffenen Hautpartien mit Wasser.</li> </ul>
LAGERUNG/ENTSORGUNG	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- An einem kühlen und gut belüfteten Ort lagern und dicht verschlossen halten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leere und defekte Druckgasflaschen kennzeichnen.</li> <li>- Rückgabe an den Lieferanten.</li> </ul>

ALLGEMEINER TEIL

Abbildung wird fortgesetzt.



BETRIEBSSPEZIFISCHER TEIL

Betriebsanweisung für Gefahrstoffe gemäß § 14 Gefahrstoffverordnung

## Wasserstoff

**Handelsname:** \_\_\_\_\_

---

### ARBEITSBEREICHE

<input type="checkbox"/> Direktannahme	<input type="checkbox"/> Waschhalle
<input type="checkbox"/> Kfz-Werkstatt	<input type="checkbox"/> Abfallsammelstation
<input type="checkbox"/> Prüfbereich (z.B. HU/AU/SP)	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Karosserie-Instandsetzung	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Lackiererei	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Teilelager	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Lager für Betriebsstoffe	<input type="checkbox"/> _____

---

### TÄTIGKEITEN

(z.B. Einbau der Gasanlage, Wechsel des Gastanks oder anderer Teile der Gasanlage)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

### ARBEITSBEREICHSBEZOGENE MASSNAHMEN

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

ERSTHELFER	ARZT	NOTRUF
Name: _____	Name: _____	Name: _____
Abteilung: _____	Abteilung: _____	Abteilung: _____
Telefon: _____	Telefon: _____	Telefon: _____

NOTFALL: -112

Wo geschah der Unfall?

Was geschah?

Wie viele Verletzte?

Welche Art von Verletzungen?

Wer meldet den Unfall?

Warten auf Rückfragen.

Nr. für Amtsleitung

Erstellt: _____	Bearbeitet: _____
Datum/Stand: _____	Datum/Stand: _____

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung



Fachausschuss  
Metall und Oberflächenbehandlung

## Praxisratgeber Tankentleerung

bei Flüssiggas (LPG) - Fahrzeugen



### Grundlagen

Aus Sicht der Produkthaftung und der Umsetzung grundlegender Arbeitsschutzvorschriften dürfen Arbeiten an der Gasanlage nur von geschultem Personal durchgeführt werden!

Dies ist zum einen die **Gassystemprüfung (GSP)** für eingebaute Anlagen vor der ersten Inbetriebnahme, beziehungsweise die **Gasanlagenprüfung (GAP)** als wiederkehrende und sonstige Prüfung. Auch nach einer Teilinstandsetzung der Gasanlage z.B. Wechsel des Multiventils ist eine GAP durchzuführen.

Oben genannte Qualifikationen können beispielsweise bei der Akademie Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (TAK) erworben werden.

Im vorliegenden Praxisratgeber wird die sichere Tankentleerung als Grundvoraussetzung für den Wechsel der Tankventile beschrieben. Hierbei ist es gleichgültig, ob es sich um einen Vier-Loch-Tank oder um einen Multiventil-Tank (Einlochtank) handelt. Es sind die möglichen Fehlerfälle der Tankventile zu berücksichtigen. Die Informationen können zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung benutzt werden.

**Tankventile dürfen nur bei einem leeren Tank gewechselt werden!**

Die Nichtbeachtung der im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen führte mehrfach zu Explosionen mit Schwerverletzten und hohen Sachschäden!

**Als Voraussetzung für eine sichere Tankentleerung ist folgendes zu berücksichtigen:**

- Lässt sich bei der Kundenannahme darauf schließen, dass ein Tankventil getauscht werden muss, sollte der Kunde möglichst den Gastank bis zum Werkstatttermin leer fahren.
- Achtung! Auch bei leer angezeigtem Tank, befindet sich je nach eingestellter Gasdruckgrenze, immer noch Flüssiggas in Restmengen im Tank. Der Restinhalt muss vollständig entleert werden!

### Achtung!

**Ein Liter Flüssigphase entsprechen ca. 260 Liter Gasphase!**

Autogasbehälter dürfen nicht in Räume entleert werden! Dazu gehört auch ein Abpumpen der Flüssigphase aus Autogasbehältern mittels einer Entleerungsanlage für LPG, da im Anschluss die Gasphase zu entleeren ist, bis ein druckloser Zustand vorliegt.

## Tankentleerung

1. Zündung des Fahrzeuges einschalten, Selbstcheck der Gasanlage am Wahlschalter abwarten. Je nach Konfiguration der Gasanlage und Temperatur des Fahrzeuges kann einige Zeit vergehen, bis die Bereitschaft angezeigt wird.
2. Motor starten. Achtung! Darauf achten, dass das System auf Gasbetrieb umschaltet. Die Kühlwassertemperatur muss zum beheizen des Verdampfers entsprechend hoch sein. Gegebenenfalls einen kräftigen Gasstoß geben.  
**Erfolgt kein Umschalten, kann dass ein Hinweis auf ein nicht öffnendes Tankentnahmevertil sein (weiter bei 11. und Folgende).**
3. Magnetspule des Entnahmevertils am Tank abziehen, das Magnetventil schließt und sperrt den Tank ab.



4. Motor so lange laufen lassen (im Stand oder Fahrbetrieb), bis mangels Gasdruck in der Anlage, das System wieder auf Benzinbetrieb umschaltet. Die Betriebsanzeige (Umschaltanzeige) beobachten.  
**Achtung! Schaltet das System nicht auf Benzinbetrieb um, ist von einem defekten, nicht schließendem Tankentnahmevertil auszugehen (Arbeitsschritt 6. entfällt; weiter bei 7.)**
5. Fahrzeug ins Freie an einen geeigneten Ort bringen, Einrichten eines Sicherheitsbereiches. Je nach Art der Tankentleerung ist ein Sicherheitsbereich einzurichten:

### Radius von 5m:

- Entleerungsanlage für LPG mit anschließendem Abbrennen der Gasphase
- Ausschließliches Abbrennen der Flüssig- und Gasphase

Bevor der Tank abgepumpt und oder über die thermische Umsetzung entleert wird, ist das System auf Dichtigkeit mit Lecksuchspray und oder mit einem Lecksuchgerät zu prüfen!

In diesem Bereich dürfen sich keine Vertiefungen, Gebäude und wirksame Zündquellen (mit Ausnahme der Fackelzündung) befinden.

Darauf achten, dass sich keine Brandlast im Sicherheitsbereich befindet. Es ist beim Abbrennen mit einer ca. fünf Meter hohen Flamme zu rechnen. Entsprechend den Windverhältnissen und der angrenzenden Gegebenheiten ist der Sicherheitsbereich bei Bedarf zu erweitern.

Der Sicherheitsbereich ist abzusperren (Flutterband) und an den Zugängen deutlich erkennbar mit der Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre zu kennzeichnen (BGV A8 Anlage 2W21).

### Radius von 10m:

- Entleerungsanlage für LPG mit anschließendem Ablassen der Gasphase mittels Abblasleitung
- Ausschließliches Ablassen der Gasphase mittels Abblasleitung

Innerhalb dieses Sicherheitsbereiches gelten erweiterte Anforderungen:

Es dürfen keine wirksamen Zündquellen; z.B. offenes Feuer, elektrische Funken, elektrostatische Entladungen und heiße Oberflächen vorhanden sein. Sicher stellen, dass die Zündung und Verbraucher des Fahrzeuges ausgestellt und die Türen geschlossen sind.

**Achtung! Die elektrischen Systeme im Kfz zählen als wirksame Zündquellen!**

Ferner dürfen sich keine Vertiefungen (Senken, Gruben, Kanäle, Keller oder andere tiefer gelegene Räume in denen das Gas fließen kann) im Sicherheitsbereich befinden.

Entsprechend der betriebsspezifischen Gefährdungen ist der Sicherheitsbereich bei Bedarf zu erweitern. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass kein Gas in weiter entfernt stehende Gebäude gelangt, z.B. über offen stehende Fenster und Türen. Zudem muss der Bereich frei zugänglich und gut belüftet sein (kein Hinterhof).

Der Sicherheitsbereich ist abzusperren (Flutterband) und an den Zugängen deutlich erkennbar mit der Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre zu kennzeichnen (BGV A8 Anlage 2W21).



6. Am Magnet-Sicherheitsventil (Motorraum) die Gasleitung, vom Tank kommend, lösen. **Achtung! Die Entleerung des eingebauten Tanks erfolgt grundsätzlich über den Motorraum. Dadurch wird verhindert, dass Flüssiggas unkontrolliert in den Fahrzeugraum (z.B. Kofferraum) gelangt.**



Tankentleerungsanlage, Leitung für Fackel oder Abblasleitung mit dem Ende der Tankleitung (vor dem Flüssigphasenfilter und vor dem Magnetsicherheitsventil) im Motorraum verbinden.



7. Bei defektem Tankentnahmeventil (keine Schließfunktion) Tankentleerungsanlage, Leitung für Fackel oder Abblasleitung im Motorraum hinter dem Magnetventil anschließen.



8. Tankentleerungsanlage oder die für LPG entwickelte Flüssiggasfackel entsprechend der Betriebsanleitung anschließen.



**Achtung! Um einen Fehlalarm zu vermeiden, ist vor dem kontrollierten Abbrennen des Gases die zuständige Feuerwehr zu benachrichtigen (Telefongespräch)!**

Bei der Verwendung einer Abblasleitung diese ohne Knicke verlegen und die Austrittsöffnung nach oben zeigend positionieren. Für einen freien Gasaustritt sorgen.

Abblasleitung bestehend aus einer zugelassenen Gasleitung (Kupfergasleitung oder Schlauchleitung mit Kupferenden) und einem Rohrverbinder. Bei einer Leitungslänge von ca. 12m hat sich ein maximaler Außendurchmesser von 6 mm, wegen des reduzierten Gasaustritts, bewährt.

9. Magnetspule mit 10 m Versorgungsleitung (Fremdsteuerung) am Entnahmeventil des Tanks montieren. Es sollte versucht werden, den Armaturengehäusedeckel wieder zu schließen, so dass evtl. austretendes Leckgas über die Entlüftungsleitung unter den Wagenboden austritt. Mit der Fremdsteuerung entgegengesetzt zur Abblasöffnung aufstellen (ca. 20m Abstand zur Austrittsstelle, Windrichtung beachten!)

Bei defektem Tankentnahmeventil (keine Schließfunktion) ist das Magnetventil im Motorraum mit der Versorgungsleitung (Fremdsteuerung) zu versehen.

**Achtung! Es ist unbedingt darauf zu achten, dass kein Gas in das Fahrzeug gelangen kann!**

10. Magnetspulenkabel mit externer Batterie speisen und damit das Entnahmeventil bzw. das Magnetventil im Motorraum öffnen. Flüssigphase abpumpen, Gasphase mit geeigneter Fackel abbrennen oder ins Freie ausströmen lassen.

**Achtung! Fahrzeug nicht unbeaufsichtigt lassen!**



Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd  
 Wilhelm-Theodor-Romheld-Str. 15  
 D-55130 Mainz  
 Tel.: 0800 99900802 die Präventionshotline  
 Internet: www.bg-metall.de

Ausgabe 2009

Herausgeber:  
 Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes  
 GmbH (TAK)  
 Franz-Lohr-Straße 19  
 D-53129 Bonn  
 Tel.: 0228/9127-0  
 Internet: www.tak.de  
 Im Auftrag von:  
 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung  
 Fachausschuss Metall und Oberflächenbehandlung  
 und  
 Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK)

Unser besonderer Dank geht auch an folgende Partner,  
 mit deren konstruktiver Hilfe die Erstellung des Inhal-  
 tes erst möglich wurde:

Propan und Ammoniak Anlagen GmbH

Handwerks-Bildungsstätten e.V.  
 Technologiezentrum Coesfeld

Sachverständigenbüro für Alternative-Kraftstoffe &  
 Campingfahrzeuge M. Pischke

11. **Entleerung bei nicht öffnendem Tankentnahme-ventil:** Manuelles Ventil, soweit vorhanden, an der Tankentnahmestelle schließen. Bei Tanks ohne manuelle Ventil ist der Anschlussstutzen des Ventilkörpers mit einem Blindstopfen zu versehen. (Vermeidung des Gasaustritts bei ungewollter Ventilöffnung während des Transports).
12. Tank ausbauen.
13. Tank ins Freie an einen geeigneten Ort bringen (nur auf einem offenen Anhänger transportieren, Ladungssicherung bedenken).



Sicherheitsbereich mit einem Radius von 10m einrichten. Hierfür gelten die Bedingungen unter 5, „Anforderungen für den Sicherheitsbereich“.

**Achtung! Elektrostatische Entladungen und Funken durch das Anschlagen von Werkzeug (Schraubenschlüssel) können ein Gas-Luft-Gemisch entzünden.**

14. **Vorsichtig! Am Multiventil (Ein-Loch-Tank) bzw. Tankgeber (Vier-Loch-Tank) die Flanschschrauben kreuzweise um ca. 50% herausdrehen. Der Gasaustritt ist nicht mehr kontrollierbar, bis der Tank leer ist.**

**Achtung! Flüssiggas kann zu Erfrierungen führen. Beim Lösen der Flanschschrauben sind Handschuhe mit einer Stulpenlänge von mind. 20cm zum Schutz gegen Kälte zu benutzen. Lederne Qualitätsschutzhandschuhe reichen aufgrund der kurzen Kälteeinwirkung in der Regel aus. Zusätzlich sind die Augen mit einer Korbschutzbrille zu schützen!**

Anmerkung: Den Tank ohne Zwischenlage direkt auf den gewässerten Boden zur Vermeidung der statischen Aufladung legen. Dabei sollten die Armaturen nach oben zeigen.

**Wer hilft weiter?**  
 Auskünfte erhalten Sie unter:

**Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e.V. (ZDK)**  
 Abteilung Technik, Sicherheit, Umwelt  
 Telefon 0228/9127-0  
 E-Mail [technik@kfzgewerbe.de](mailto:technik@kfzgewerbe.de)

**Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes GmbH (TAK)**  
 Frau Claudia Kraus  
 Telefon 0228/9127-143  
 E-Mail [kraus@tak.de](mailto:kraus@tak.de)

**Fachausschuss Metall und Oberflächenbehandlung Sachgebiet FahrzeugInstandhaltung**  
 Olaf Pfeiffer  
 Telefon 0511/8118-18429  
 E-Mail [olaf.pfeiffer@bgmet.de](mailto:olaf.pfeiffer@bgmet.de)

**Matthias Schauerte, Präventionsdienst Hannover**  
 Telefon 0511/8118-18356  
 E-Mail [m.schauerte@bgmet.de](mailto:m.schauerte@bgmet.de)

**Dr. Bernhard Hoppe, Präventionsdienst Hamburg**  
 Telefon 040/44112-18621  
 E-Mail [bernhard.hoppe@bgmet.de](mailto:bernhard.hoppe@bgmet.de)

**Dieter Grünert Präventionsdienst Erfurt Außenstelle Chemnitz**  
 Telefon 0371/84222-12065  
 E-Mail [dieter.gruenert@bgmet.de](mailto:dieter.gruenert@bgmet.de)

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung



Fachausschuss  
 Metall und Oberflächenbehandlung



9 Stichwortverzeichnis

**A**

Abblasbereich	7, 42
Abblasen	7
Abfackeln	7
Abstellbereich für Gasfahrzeuge	42
Annahme von Gasfahrzeugen	31
Arbeitsschutzmaßnahmen	29

**B**

Bauliche Anforderungen	40
Berstscheiben	18
Besonderheit CNG/CGH <sub>2</sub>	43
Besonderheit LPG	44
Boil-off	7
Boil-off-Management	7

**C**

CNG-Fahrzeuge	14
---------------	----

**D**

Dichte	13
Direkteinspritzung	24
Durchführung der GAP	35

**E**

Entleeren von Gasanlagen	36
Entsorgung von Gastanks	38
Entspannen	7, 36
Erdgasfahrzeuge	14
Erdgas-/Wasserstoff-Arbeitsbereich	41
Explosion	7
Explosionsfähige Atmosphäre	8
Explosionsgefährdeter	8

**F**

Fahrzeug ohne Undichtigkeit	34
Fahrzeugtechnik	14
Ferngesteuertes Versorgungsventil	21
Feuer	8

Flüssiggas	11
Flüssiggas-Arbeitsbereich	41
Flüssiggasfahrzeuge	19

**G**

Gasbetriebene Fahrzeuge	31
Gasfahrzeugarbeitsbereich für festgelegte Tätigkeiten	8
Gasfahrzeug mit Unfallschaden	33
Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung	46
Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	8

**I**

Inertisierte Gasbehälter	44
--------------------------	----

**K**

Kontrollierte Freisetzung von Gas	34
Kraftstoffe	11

**L**

Lagerung im Freien	44
Lagerung im Gebäude	45
LNG-Fahrzeuge	18

**N**

Normliter [NL]	8
----------------	---

**P**

Physikalische Eigenschaften der Gase/Kraftstoffe	12
--	----

**Q**

Qualifikationen	46
-----------------	----

**S**

Schmelzsicherung	24
Sicherheitseinrichtungen	23
Sicherheitseinrichtungen bei CGH <sub>2</sub> -Fahrzeugen	27
Spannungsführende Teile	28

## 9 Stichwortverzeichnis

---

### **T**

Tankentleerung 34

---

### **U**

Überdruckventil 21, 24  
Unterweisung 8

---

### **V**

Verpuffung 8

### **W**

Wasserstoff 12  
Wasserstofffahrzeuge 25  
Wiederinbetriebnahme 38

---

### **Z**

Zündgrenze 13  
Zündtemperatur 13