



© Foto: Iveco



INFORMATIONSMATERIAL

Unfallhilfe & Bergen bei LNG-Fahrzeugen

Antworten auf häufig gestellte Fragen / FAQ (Frequently Asked Questions)

Impressum

Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Ansprechpartner

Dennis Heckler, dena, heckler@dena.de
Norman Wendt, dena, wendt@dena.de

Ansprechpartner aus dem AK-Retten

Jürgen Peitz, Vorsitzender AK-Retten
Andreas Perl, VDA
Oliver Helfrich, VDIK
Ralf Simon, Berliner Feuerwehr
Karsten Göwecke, Berliner Feuerwehr
Jörg Heck, Berufsfeuerwehr Wiesbaden

Disclaimer:

Das vorliegende Informationsmaterial wurde gemeinsam erarbeitet mit dem „AK-Retten“ – eine Arbeitsgruppe bestehend aus den Mitgliedern der LNG-Taskforce (koordiniert durch die dena), Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA), dem Verband der internationalen Kraftfahrzeughersteller e. V. (VDIK) und den Feuerwehren. Es wird keine Gewähr übernommen für Richtig- oder Vollständigkeit. Sicherheits- und Vorsichtsmaßnahmen sind im Einzelfall auf die aktuellen Gegebenheiten zu prüfen.

Stand: 2/2021

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2021)
„Unfallhilfe & Bergen bei LNG-Fahrzeugen – Antworten auf häufig gestellte Fragen / FAQ (Frequently Asked Questions)“

Inhalt

Impressum.....	2
1 Vorwort	6
2 Definitionen und Begriffe.....	7
2.1 Abblasesicherung.....	7
2.2 Abblaserohr.....	7
2.3 Boil-Off.....	7
2.4 Blow-Off-Scheibe	7
2.5 Vakuum Port mit Schutzkappe.....	7
2.6 BLEVE.....	8
2.7 Kontinuierliche Ausströmung.....	8
2.8 Lachenbildung	8
2.9 LNG	8
2.10 LNG-Tank.....	8
2.11 Tankisolierung	8
2.12 Tankbelüftung „VENT“	9
3 Welche physikalisch-chemische Eigenschaften besitzt LNG?.....	10
3.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften von LNG	10
3.2 Allgemeine Eigenschaften	10
3.3 Ausbreitung und Schwergasverhalten.....	11
3.4 Bestehen gesundheitliche Gefahren?	12
4 Welche Fahrzeugkonzepte gibt es?	13
5 Aufbau eines LNG-Tanks	14

5.1	Wie viel Liter / Kilogramm LNG befinden sich normalerweise in einem Lkw-Tank?	14
5.2	Druckanzeigen?.....	14
5.3	Wie kann der Füllstand des Tanks ermittelt werden?	15
6	Sicherheitseinrichtungen am Lkw-LNG-Tank	16
6.1	Sicherheitsabsperrventile	16
6.2	Druckbetätigte Sicherheitsventile.....	16
6.3	Regelventile.....	16
6.4	Sicherheitsventile	16
6.5	Elektronisches Ventil.....	16
6.6	Überdruck und Sicherheitsventile	16
6.7	Druckentlastung in Normalsituationen?.....	17
7	Erkundung / Fahrzeugidentifizierung	18
7.1	Erkennen von LNG-Fahrzeugen?	18
8	Maßnahmen bei havarierten LNG-Fahrzeugen	19
8.1	Zustand des LNG-Tanks erkunden	19
8.2	Sofortmaßnahmen	19
8.3	Welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, wenn LNG austritt?.....	19
8.4	Was ist beim Umgang mit austretendem LNG zu beachten?	20
8.5	Kann der Inhalt eines LNG-Tanks kontrolliert abgeblasen werden?	20
8.6	Welche Schutzausrüstung müssen Rettungskräfte tragen?	20
9	LNG-Fahrzeug brennt	21
9.1	Was passiert, wenn der LNG-Tank des Fahrzeugs beflammt wird? Ist das Verhalten identisch, wenn das Fahrzeug auf dem Dach oder auf der Seite liegt (Sicherheitsventil bläst Flüssigphase ab?).....	21
9.2	Welche Brandbekämpfungstaktik und Löschmittel werden empfohlen?.....	21

9.3	Welche Sicherheitsabstände sind einzuhalten?	21
9.4	Ist es sinnvoll, den LNG-Tank zu kühlen? Besteht eine Gefahr, dass Sicherheitsventile durch den Wassereinsatz vereisen?.....	22
9.5	Wie muss mit dem Tank nach Abschluss der Brandbekämpfung umgegangen werden?	22
10	Abschleppen, Bergen, Transportieren, Pannenhilfe und Verwahrung	23
10.1	Was ist zu beachten, wenn ein LNG-Fahrzeug aus einem Gefahrenbereich (z. B. Autobahnbaustelle) per Abschleppseil/-stange entfernt werden muss?	23
10.2	Was ist beim Transport/Abschleppen eines LNG-Fahrzeugs nach einem Unfall zu beachten?	23
10.3	Wie müssen verunfallte/kritische LNG-Fahrzeuge abgestellt und verwahrt werden?	24

1 Vorwort

Lkw, die mit tiefkaltem, flüssigem Methan (LNG) betankt werden, haben in den letzten Jahren im Straßenschwerlastverkehr erheblich an Bedeutung gewonnen. In Europa sind bereits ca. 12.000¹ LNG-Lkw im Straßenverkehr zugelassen.

Die Deutsche Energie-Agentur (dena)² koordiniert und moderiert in Deutschland die LNG-Taskforce als zentraler und branchenübergreifender Ansprechpartner unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Sie unterstützt die Bundesregierung, bis zum Jahr 2025 25.000 LNG-Lkw auf die Straße zu bringen und ein Netz von 200 LNG-Tankstellen aufzubauen. Über 50 LNG-Tankstellen sind in Deutschland bereits in Betrieb, ca. 50 weitere in Planung. Die LNG-Tankstellenkarte der LNG-Taskforce gibt einen aktuellen Überblick über die bereits eröffneten und geplanten Tankstellen in Deutschland und wird auf Basis von Unternehmensinformationen stetig aktualisiert.

LNG-Lkw sind im Vergleich zum Diesel leiser, emittieren weniger Luftschadstoffe und weniger klimaschädliches CO₂. Deshalb werden sie durch das BMVI beim Kauf gefördert und sind ebenfalls von der Lkw-Maut befreit. Innerhalb des Förderprogramms „Energieeffiziente und/oder CO₂-arme schwere Nutzfahrzeuge“ (EEN) wurden über 2.100 LNG-Lkw gefördert.

Wie bei jedem neuen Antrieb und Kraftstoff ergeben sich auch für LNG-betankte Fahrzeuge neue Herausforderungen für Feuerwehreinsatzkräfte. Diese Handreichung wurde in Zusammenarbeit von LNG-Taskforce, VDA und VDIK, den Fahrzeugherstellern und Feuerwehren entwickelt und soll eine Hilfe für Fragen im Umgang mit verunfallten oder zu bergenden LNG-Lkw geben. Die Inhalte werden stetig entsprechend neuer Erkenntnisse angepasst und erweitert.

¹ Joint Paper NGVA Europe: www.ngva.eu/medias/new-joint-paper-biolng-makes-carbon-neutrality-a-reality-for-eu-transport/ (23.11.2020)

² LNG-Taskforce: www.dena.de/themen-projekte/projekte/mobilitaet/lng-taskforce-und-initiative-erdgasmobilitaet/

2 Definitionen und Begriffe

2.1 Abblasesicherung

Eine Abblasesicherung ist eine Sicherheitseinrichtung bei LNG-Systemen. Erwärmt sich der LNG-Tank über einen längeren Zeitraum und wird kein Kraftstoff verbraucht, erwärmt sich das LNG im Tank, wodurch sich der Druck im Tankbehälter erhöht. Die Abblasesicherung öffnet sich bei einem voreingestellten Druck und es wird eine geringe begrenzte Gasmenge ausgestoßen. Dies wird als Boil-Off-Gas (BOG) bezeichnet. Das Ventil schließt wieder, wenn der Druck unter dem Öffnungsdruck des Ventils liegt. Ein Speichersystem für LNG muss immer mit einer solchen Sicherheitseinrichtung ausgestattet sein.

2.2 Abblaserohr

Über das Abblaserohr an der Ober- und/oder Rückseite des Fahrzeugtanks wird das durch die Abblasesicherung aus dem Tank abgelassene Gas abgeführt. Typischerweise befindet sich das Rohr an der Rückseite der Fahrzeugkabine.

2.3 Boil-Off

Als Boil-Off wird das kontrollierte Abblasen von LNG bezeichnet, falls der Druck im Kraftstofftank des Lkw über ca. 16 bar steigt. Das Gas wird dann über das Lüftungsrohr hinter dem Fahrerhaus bzw. am oberen Ende des LNG-Tanks bei Tankstellen in die Umwelt abgelassen und ist durch die Bildung einer weißen Dampfwolke zu erkennen.

2.4 Blow-Off-Scheibe

Die Blow-Off-Scheibe ist eine Scheibe an der Außen- oder Oberseite an der jeweiligen Anschlussseite eines LNG-Tanks am Lkw, die durch das Vakuum zwischen Innen- und Außentank nach innen gezogen wird. Wenn das Vakuum verloren geht, löst bzw. zerstört sich diese Scheibe. Dies ist ein Indikator dafür, dass kein Vakuum mehr vorhanden ist und eine beschleunigte Erwärmung stattfindet.

2.5 Vakuum Port mit Schutzkappe

Der Vakuum Port befindet sich bei einem LNG-Lkw am hinteren Ende des LNG-Tanks. Die angelegte Schutzkappe signalisiert, dass das Vakuum zwischen der Innen- und Außenwand stabil ist. Hat sich die Schutzkappe allerdings gelöst, deutet dies auf einen Vakuumverlust hin, wodurch sich eine Wärmebrücke bildet und ein Druckanstieg im Tank resultiert.

Anmerkung: Bei Volvo ist die Schutzkappe rot (20 bar Ventil).

2.6 BLEVE

Das katastrophale Versagen des LNG-Tanks am Lkw, bei dem der Inhalt plötzlich freigesetzt wird, wird als Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) bezeichnet. Die BLEVE ist eine physikalische Explosion (Zerknall), die durch den Ausfall des Tanksystems verursacht wird. Vor einer BLEVE wird die flüssige Phase in einem geschlossenen Tanksystem über den Siedepunkt hinaus erhitzt und beginnt zu sieden. Dadurch geht die flüssige Phase oder ein Teil von ihr in die Gasphase über. Durch die Verdampfung steigt der Druck im Tank an, das Tanksystem kollabiert und das Gas oder der Dampf werden explosionsartig freigesetzt. Die flüssige Phase kann auch in kleinen Tropfen, einer sogenannten Aerosolwolke, weggeschleudert werden. Die physikalischen Eigenschaften des Stoffes (unter anderem der Dampfdruck) bestimmen neben den Umständen auch das spätere Szenario.

2.7 Kontinuierliche Ausströmung

Als kontinuierliche Ausströmung wird eine Leckage bezeichnet, die mindestens 10 Minuten andauert. Über die Zeit nimmt das Volumen der Gaswolke zu und die Gefahrenbereiche sind entsprechend anzupassen. Windrichtung und Umgebungsverhältnisse (Bebauung, Senken usw.) sind zu beachten.

2.8 Lachenbildung

Je nachdem, auf welcher Höhe sich eine Leckage am LNG-Tank befindet, kann auch ein Teil der flüssigen Phase austreten, aus der sich zunächst eine Flüssigkeitslache bildet, die anschließend verdampft.

2.9 LNG

LNG steht für **L**iquified **N**atural **G**as, „Verflüssigtes Erdgas“. Das Erdgas verflüssigt sich durch Abkühlung auf -162 °C bei Umgebungsdruck. Durch die Verflüssigung reduziert sich das Volumen um den Faktor 600.

2.10 LNG-Tank

LNG wird in doppelwandigen isolierten Lkw-Tanks bei etwa 3 - 16 bar gelagert. Bei Tankstellen beträgt der Druck des zu lagernden LNG zwischen 1,5 und etwa 10 bar. In einem LNG-Tank sind zwei Phasen vorhanden: die Flüssigphase und die Gasphase. Die Gasphase muss vorhanden sein, damit sich die flüssige Phase bei Temperaturanstieg ausdehnen kann. Bei Erhöhung der Temperatur der flüssigen Phase ist die Volumenzunahme sehr begrenzt und es kommt zu einer Druckerhöhung im Tank.

Am LNG-Tank eines Lkw ist zudem der Kühlmittelkreislauf angeschlossen, wodurch es bei Beschädigung zu einem großen Flüssigkeitsaustritt kommen kann. Ein Kühlmittelverlust wird an den Anzeigeelementen in der Fahrerkabine angezeigt. Der Druck im Kühlmittelkreislauf beträgt etwa 1,5 bar.

2.11 Tankisolierung

LNG wird in doppelwandigen isolierten Behältern gelagert. In der Regel wird ein vakuumisolierter Behälter (LNG-Tank) verwendet, bei dem der Raum zwischen Innen- und Außenwand fast vollständig aus Vakuum be-

steht. Zusätzlich wird der Zwischenraum noch mit dem Isoliermaterial Perlit gefüllt, was den Isolationsverlust beschränkt, falls das Vakuum verloren geht. Der Innenbehälter sowie die Leitungen werden aufgrund der Kältebeständigkeit aus Edelstahl gefertigt, der Außenbehälter besteht oft aus hochfestem Stahl.

2.12 Tankbelüftung „VENT“

Vor dem Tanken des Lkw ist der Druck im LNG-Tank am Manometer zu prüfen. Sollte der Druck 9,5 bar oder höher anzeigen, so ist der Druck in den Tankbehälter der Tankstelle zu entlasten. Erst wenn der Druck kleiner 9,5 bar erreicht ist, kann der Tankvorgang erfolgen. Die Befüllung des Tankstellenlagerbehälters erfolgt entweder durch Druckerhöhung des LNG am Tankwagen oder per Pumpenförderung.

3 Welche physikalisch-chemische Eigenschaften besitzt LNG?

3.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften von LNG

- Liquefied **Natural Gas** (verflüssigtes Erdgas) (LNG) besteht zu 90 % aus Methan und wird durch Kühlung auf -162 °C verflüssigt
- durch die Abkühlung auf -162 °C verringert LNG sein Volumen um das 600-fache, d. h. ein Liter LNG entspricht 600 Litern Gas bei 0 °C
- farb- und geruchlos (eine Odorierung wird technisch nicht hinzugefügt)
- verdrängt Sauerstoff und wirkt erstickend
- nicht in Wasser löslich, leichter als Wasser
- nicht toxisch, ätzend oder korrosiv
- Expansionsfaktor 600 (1 Liter LNG = 600 Liter Erdgas bei 0 °C)
- Dichte 0,42 - 0,52 g/ml \rightarrow 1 Liter LNG = 0,5 kg LNG
- Zündtemperatur 595 °C
- Explosionsgrenzen:
 - UEG: 4,1 Vol. %
 - OEG: 16,5 Vol. %

3.2 Allgemeine Eigenschaften

- Brennendes LNG ist schlecht sichtbar und höchstens an einem Flimmern der Luft zu erkennen (vergleichbar dem Hitzeblimmern). Im weiteren Abstand werden die Flammen gelber, wenn die höheren Kohlenwasserstoffe beginnen zu brennen.
- brennendes Methan besitzt eine hohe Wärmestrahlung (etwa 60 % über der von Dieselmotorkraftstoff).
- LNG ist leicht entflammbar und explosiv.
- Gefahrenbereiche ergeben sich aus der vorhandenen LNG-Menge in Bezug auf die jeweilige Situation (Austritt von Gas, drohender BLEVE oder Brand).
- Generell sind gasexplosionsgefährdete Bereiche in drei Ex-Zonen unterteilt. Die Zonen werden vom Betreiber einer Anlage festgelegt und können je nach Sicherheitsanforderungen und Einschätzung voneinander abweichen.
- in Abhängigkeit davon sind Ex-geschützte Geräte (Funkgeräte, Messgeräte usw.) zu verwenden.

- **Zone 0:**
Bereich, in dem ständig oder langfristig eine explosionsfähige Atmosphäre aus einem Gemisch von Luft mit brennbaren Substanzen in Form von Gas, Dampf oder Nebel vorhanden ist.³
- **Zone 1:**
Bereich, in dem damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus einem Gemisch von Luft mit brennbaren Substanzen in Form von Gas, Dampf oder Nebel bei normalem Betrieb auftritt.
- **Zone 2:**
Bereich, in dem nicht damit zu rechnen ist, dass bei normalem Betrieb eine explosionsfähige Atmosphäre aus einem Gemisch von Luft mit brennbaren Substanzen in Form von Gas, Dampf oder Nebel auftritt und wenn, dann nur selten und auch nur kurzzeitig.

3.3 Ausbreitung und Schwergasverhalten

Tritt flüssiges LNG in die Atmosphäre aus, geht es nach und nach kochend in den gasförmigen Zustand über. Dabei bildet sich aufgrund der kondensierenden Luftfeuchtigkeit ein deutlich sichtbarer weißer Nebel. Das LNG breitet sich zuerst am Boden aus, da es bei Temperaturen unter -135 °C noch schwerer als Luft ist. Das LNG erwärmt sich langsam, wodurch sich seine Dichte verringert. Wird LNG freigesetzt, geht es kochend in den gasförmigen Zustand über.

- Die Verdampfung von LNG erfolgt sehr schnell, sodass sie als Flash-Verdampfung bezeichnet wird. Dabei bildet sich bis zur Erwärmung ein deutlich sichtbarer weißer Nebel.
- LNG hat kurz nach der Verdampfung aus der flüssigen Phase wegen der Kälte eine höhere Dichte als bei 20 °C und breitet sich daher zunächst niedrig am Boden aus. Dort besteht über längere Zeit auch die höchste Konzentration der Wolke.
 - Unter -135 °C ist das Gas schwerer als Luft.
 - Zwischen -135 °C und -105 °C ist es genauso schwer wie Luft.
 - Über -105 °C ist es leichter als Luft, vermischt sich aber in den meisten Fällen mit der Luft und verhält sich wie neutrales Gas.
- Die Ausbreitung ist abhängig von der Umgebungstemperatur.

³ International Electrotechnical Commission (IEC)

3.4 Bestehen gesundheitliche Gefahren?

- **Einatmen:**

Das Gas verdrängt den Sauerstoff aus der Luft, daher kann es bei einer zu hohen Gaskonzentration, vor allem in geschlossenen Räumen, zu Erstickung führen. Gefahr von Lungenschäden durch Einatmen kalter Atmosphäre.

- **Hautkontakt:**

Aufgrund der niedrigen Temperaturen kann direkter Kontakt mit LNG Erfrierungserscheinungen verursachen-

- **Augenschäden:**

Spritzer in die Augen können unmittelbar schwere Verletzungen verursachen.

- **Brand- und explosionsbedingte Gefahren**

4 Welche Fahrzeugkonzepte gibt es?

Aktuell werden ausschließlich Lkw/Nutzfahrzeuge mit LNG-Antrieb angeboten. Bei diesen Fahrzeugen ist ausreichend Platz vorhanden, um einen LNG-Tank zu montieren. Das LNG wird gasförmig in einen modifizierten Verbrennungsmotor eingebracht und dort verbrannt. Der LNG-Tank wird in der Regel seitlich am Fahrgestellrahmen befestigt und ersetzt somit den Dieseltank.

Folgende Fahrzeugkonzepte sind die gebräuchlichsten:

1. Reine LNG-Lkw mit einem oder zwei LNG-Tanks
2. HPDI-System (High Pressure Direct Injection, aktuell Marke Volvo), bei dem auch ein 170 Liter Dieseltank verbaut ist

5 Aufbau eines LNG-Tanks

Ein LNG-Tank besteht in der Regel aus zwei 5 mm dicken Edelstahlwänden in 2 cm Abstand voneinander. Im Raum zwischen den Edelstahlwänden wird ein Vakuum erzeugt. Das Vakuum dient der Temperaturisolierung. Zusätzlich wird der Zwischenraum noch mit dem Isoliermaterial Perlit gefüllt, was den Isolationsverlust beschränkt, falls das Vakuum verloren geht.

Jeder Tank hat eine Druckanzeige am Tank, die sich nahe des Tankstutzens befindet. Am LNG-Tank des Lkw ist zudem ein Kühlmittelkreislauf angeschlossen, wodurch es bei Beschädigung zu einem großen Flüssigkeitsaustritt kommen kann. Der Druck im Kühlmittelkreislauf beträgt etwa 1,5 bar.

Zur Überprüfung einer intakten Tankisolierung ist ein Vakuum Port mit Schutzkappe am Tank angebracht. Solange die Schutzkappe auf dem Vakuum Port angebracht ist, ist das Vakuum zwischen Innen- und Außenwand stabil. Hat sich die Schutzkappe dagegen gelöst, ist dies ein Zeichen für einen Vakuumverlust und hat einen Druckanstieg im Tank im Minutenbereich zur Folge. Der LNG-Tank ist nicht an der gleichen Seite wie der Abgas -Auspuff angebracht.



5.1 Wie viel Liter / Kilogramm LNG befinden sich normalerweise in einem Lkw-Tank?

- Ein Fahrzeugtank fasst i.d.R. 200 - 250 kg LNG. Dies entspricht etwa 400 - 500 Liter LNG.
- Der Kraftstoffstand kann nur an den Anzeigeelementen abgelesen werden. Es kann kein Rückschluss von einem abgelesenen Druck auf die Masse der vorhandene Tankladung in kg gezogen werden.

5.2 Druckanzeigen?

- Der Druck im Tank kann an einem Manometer an der Seite des Tanks abgelesen werden.
- Das Manometer kann von einer Schutzklappe abgedeckt sein.
- Der Tank sollte immer wie ein mit Gas gefüllter Tank behandelt werden, auch wenn das Druckmessgerät 0 bar anzeigt.

5.3 Wie kann der Füllstand des Tanks ermittelt werden?

- Es ist eine Füllstandsanzeige verbaut.
- Der Füllstand wird über einen kapazitiven Geber im Inneren des Tanks ermittelt und wird ausschließlich über die Tankanzeige im Fahrerinformationsdisplay angezeigt.



Bild: Volvo, Füllstandanzeige LNG und Diesel

6 Sicherheitseinrichtungen am Lkw-LNG-Tank

6.1 Sicherheitsabsperrventile

- Die Gastanks sind mit einem Absperrventil ausgerüstet. Bei einem Abfall des Druckes im Hochdruckbereich unter 28 bar trennt das Ventil den Tank von der Betankungsanlage.

6.2 Druckbetätigte Sicherheitsventile

- Der Tank ist mit druckbetätigten Sicherheitsventilen ausgerüstet

6.3 Regelventile

- Der Gastank hat zwei Regelventile: Eines für das manuelle Ablassen und eines für die manuelle Belüftung des Tanks.
 - rotes Ventil sperrt die Kraftstoffzufuhr vom Tank zum Motor.
 - graues Ventil ermöglicht eine manuelle Rückführung zur Tankanlage.
- Bei einem Unfall sollten beide Ventile geschlossen werden.

6.4 Sicherheitsventile

- Am Gastank befinden sich zwei Sicherheitsventile, die den Druck im Tank regeln
 - das erste Ventil reagiert bei einem Druck von 16 bar
 - das zweite Ventil reagiert bei einem Druck von 23 bzw. 24 bar (fahrzeugabhängig).

6.5 Elektronisches Ventil

- Das System verfügt über ein elektronisches Ventil, das die Zufuhr zum Motor trennt, wenn die Zündung oder der Hauptschalter ausgeschaltet ist.
- Es kann kein Gas gefördert werden, solange der Motor nicht läuft (Elektrohydraulische LNG Pumpe).
- Zur manuellen Deaktivierung der LNG-Pumpe befindet sich am Tank eine Absperreinrichtung.

6.6 Überdruck und Sicherheitsventile

- Die Überdruck-/Abblasventile reagieren, wenn der Druck im Tank einen festgelegten Wert überschreitet.
 - Dies kann infolge einer Beschädigung der Isolierung des Tanks, einer langen Standzeit des Lkws oder durch Wärmebestrahlung vorkommen.
 - Das erste Überdruckventil reagiert bei einem Druckanstieg auf 16 bar. Das zweite schützt den Tank bei Ausfall des ersten Überdruckventils und öffnet, wenn der Druck auf 18,6 bis 24 bar steigt (je nach Hersteller).

- Eine begrenzte Menge Gas wird abgelassen und das Ventil schließt sich wieder, wenn der Druck im Tank wieder unter dem festgelegten Wert liegt.
 - Überschreitet der Druck im integrierten Gasmodul (IGM), 440 bar (6400 psi \pm 5 %), wird ein Sicherheitsventil zum Schutz des Systems geöffnet.

6.7 Druckentlastung in Normalsituationen?

- Bei kryogenen Anlagen ist das periodische Abblasen ein normaler Prozess, der notwendig ist, um das gespeicherte Gas auf einer niedrigen Temperatur zu halten. Dabei wird eine kleine Menge Gas freigesetzt, das Boil-Off-Gas (BOG) genannt wird.
- Dieses wird über das Lüftungsrohr hinter der Fahrerkabine abgelassen und ist in Form einer weißen Dampf Wolke optisch wahrnehmbar.

7 Erkundung / Fahrzeugidentifizierung

7.1 Erkennen von LNG-Fahrzeugen?

- Rettungsdatenblätter und Kennzeichenabfrage nutzen
- Ausführung des Kraftstofftanks (zylinderförmiger Tank aus Edelstahl). Dieser kann, falls ein Seitenschutz verbaut ist, aber auch verdeckt sein.
- Einfüllstelle an der Tankrückwand
- Abblase-Leitungen/-ventile/-rohre
- Druckanzeigen
- LNG-Tanks sind gekennzeichnet



Bild: Volvo, Kennzeichnung LNG-Tank



8 Maßnahmen bei havarierten LNG-Fahrzeugen

8.1 Zustand des LNG-Tanks erkunden

- mechanische Beschädigungen der Tankisolierung
- Verlust des Vakuums, erkennbar an fehlender Blow-Off Scheibe/Vakuum Port
- Überprüfen der Druckanzeigen
- Austritt von Gasphase oder Flüssigphase aus dem Tank
- Fehlende Boil-Off-Scheibe
- beschädigte Isolierung
- Eisbildung an der Außenseite des Tanks
- Lachenbildung
- weißer Dampf

8.2 Sofortmaßnahmen

- Zuerst Batterietrennschalter betätigen, Motor abschalten. Evtl. Abschaltung über Luftansaugung und Motor mit Kohlenstoffdioxidlöscher stilllegen, wenn Abschaltung nicht möglich ist
- manuelles Dampfabsperrentil (grau) schließen
- manuelles Flüssigkeitsabsperrentil (rot) schließen
- Bei beschädigten Leitungen regelt das Rohrbruchsicherheitsventil die Gaszufuhr zum Motor ab
- für Volvo LNG-Fahrzeuge siehe Anhang

8.3 Welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, wenn LNG austritt?

- Kontrollieren, ob ein Leck oder ein Boil-Off-Gas (BOG) vorliegt
- Leck mit Wärmebildkamera kontrollieren
- Explosionsmessgerät verwenden
- Kontakt von flüssigem LNG mit Wasser vermeiden, da sonst Methan-Eis entstehen kann
- Vereiste Ventile nicht auftauen, da das Ventil platzen/zerreißen könnte
- Leck nicht abdichten: Dies könnte sonst zu einem gefährlichen Druckaufbau führen.
- nicht-funkenreißendes, geeignetes Werkzeug verwenden
- Ausbreitung von ausgetretenem, flüssigen LNG verhindern, z. B. Dämme anlegen
- Hinweis: auf Eigenschutz achten. Siedepunkt von ausgetretenem LNG bei -120 °C
- Entstehen von Brand verhindern, Tank und Umgebung kontrollieren
- LNG verdampfen lassen und Gaswolke verdünnen oder mit einem Sprühstrahl Wasser vermischen
- Betreten von geschlossenen Räumen durch Personen verhindern, lüften, wenn dies sicher möglich ist
- Wasserwirtschaftsamt alarmieren, wenn LNG in das Wasser geraten ist
- tiefer gelegene Bereiche beachten und kontrollieren

8.4 Was ist beim Umgang mit austretendem LNG zu beachten?

Austretendes LNG ist geruchlos. Nicht mit der tiefkalten flüssigen Phase in Berührung kommen. Es besteht Gefahr einer sogenannten Kaltverbrennung. Die normale persönliche Schutzausrüstung (PSA) der Feuerwehr bietet keinen ausreichenden Temperaturschutz.

Die Dampfphase ist aufgrund des Schwergasverhaltens zunächst schwerer als Luft. Die Dampfphase ist als weißer Nebel sichtbar.

Die Geschwindigkeit des Übergangs in die Gasphase ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Eine Ex-Messung der Umgebungsatmosphäre ist sicherzustellen.

8.5 Kann der Inhalt eines LNG-Tanks kontrolliert abgelassen werden?

- Bei zu hohem Druck bläst das System über die Abblasesicherung automatisch ab.
- An jedem Tank befindet sich ein manueller Hahn.
- Es muss die entsprechende PSA getragen werden.
- Druckentlastung nur von geschultem Personal.

8.6 Welche Schutzausrüstung müssen Rettungskräfte tragen?

- Kryogene Schutzhandschuhe
- langärmelige, wasserundurchlässige/-abweisende Oberteile
- lange Hosen oder Overalls
- Arbeitsschuhe
- Schutzvisier zur kompletten Gesichtsabdeckung
- Der Kontakt mit der flüssigen Phase muss vermieden werden!

9 LNG-Fahrzeug brennt

9.1 Was passiert, wenn der LNG-Tank des Fahrzeugs beflammt wird? Ist das Verhalten identisch, wenn das Fahrzeug auf dem Dach oder auf der Seite liegt (Sicherheitsventil bläst Flüssigphase ab?)

- Ja, das Fahrzeug verhält sich identisch

9.2 Welche Brandbekämpfungstaktik und Löschmittel werden empfohlen?

- LNG-Brand nicht löschen, kein Wasser verwenden
- Umgebungsbrände löschen
- Umgebung schützen
- Wenn Löschen absolut notwendig ist und die Gaszufuhr abgesperrt ist, kann Trockenpulver ABC verwendet werden
- Im Falle einer Lachenbildung mit Entzündung spricht man von einem Lachenbrand
- Lache brennt schnell ab
- Ein kleiner Lachenbrand (< 10m²) sollte mit Pulver eingedämmt werden. Lache besser ausbrennen lassen
- Löschen mit Schaum nicht möglich
 - Schaum kann nur zur Begrenzung des Wirkungsgebietes verwendet werden
 - Nur dicke Schicht leichten Schaums (HiEx) anwendbar
- Kein Wasser auf Sicherheitsventile oder Abblasventile spritzen: Zufrieren von Sicherungen vermeiden
- Abblasesicherung brennen lassen und nicht löschen, Fackel abblasen lassen
- Umgebung kühlen
- Flammenbild von LNG ist nicht mit dem menschlichen Auge sichtbar
- Daher mit Wärmebildkamera die Umgebung und die Hitzestrahlung kontrollieren

9.3 Welche Sicherheitsabstände sind einzuhalten?

- bei drohender BLEVE 350 Meter
- bei sichtbarer Gaswolke/Nebel mindestens 25 Meter zur Wolke

9.4 Ist es sinnvoll, den LNG-Tank zu kühlen? Besteht eine Gefahr, dass Sicherheitsventile durch den Wassereinsatz vereisen?

- LNG-Tank nicht kühlen, da er bereits kalt und zudem isoliert ist
- Sicherheitsventile können bei Kontakt mit Wasser gefrieren
- Kühlen und Abschirmen der nichtbeschädigten Teile ist sinnvoll, sofern die Isolierung intakt ist
- Brände in der Umgebung löschen und Umgebung kühlen

9.5 Wie muss mit dem Tank nach Abschluss der Brandbekämpfung umgegangen werden?

- Eine Druckentlastung ist nur von geschultem Personal durchzuführen.

10 Abschleppen, Bergen, Transportieren, Pannenhilfe und Verwahrung

10.1 Was ist zu beachten, wenn ein LNG-Fahrzeug aus einem Gefahrenbereich (z. B. Autobahnbaustelle) per Abschleppseil/-stange entfernt werden muss?

- Die Funktion der Sicherheitseinrichtungen muss gewährleistet bleiben.
- LNG-Lkw sollten rückwärts mit angehobener Hinterachse abgeschleppt werden, damit die Sicherheitsventile immer an der Gasphase sind.

10.2 Was ist beim Transport/Abschleppen eines LNG-Fahrzeugs nach einem Unfall zu beachten?

- LNG-Lkw sollten rückwärts mit angehobener Hinterachse abgeschleppt werden. Fahrzeuge, bei denen zuvor die Kardanwelle ausgebaut wurde, können vorwärts abgeschleppt werden.



Quelle: Verband Bergungs- und Abschleppunternehmen (VBA)

10.3 Wie müssen verunfallte/kritische LNG-Fahrzeuge abgestellt und verwahrt werden?

- LNG-Lkw müssen entweder im Freien abgestellt oder innerhalb von 15 Minuten nach Einfahren in die Werkstatt an eine geeigneten Abblasevorrichtung angeschlossen werden, um im Falle eines Boil-Offs das Gas sicher aus der Werkstatt zu leiten.
- Zudem muss sichergestellt sein, dass keine Leckage am Gassystem des Fahrzeugs vorliegt.
- Dies muss mit einem tragbaren Gasetektor (Methandetektor) festgestellt werden (LNG ist geruchlos).⁴
- Ist dies nicht möglich, muss der Lkw im Freien, nicht in einer Talsenke und mit ausreichender Belüftung abgestellt werden.
 - Hierbei ist darauf zu achten, dass bei einer Abstelldauer von mehr als Tagen das Fahrzeug, abhängig vom Füllstand, auf einem geeigneten Untergrund abgestellt werden sollte.

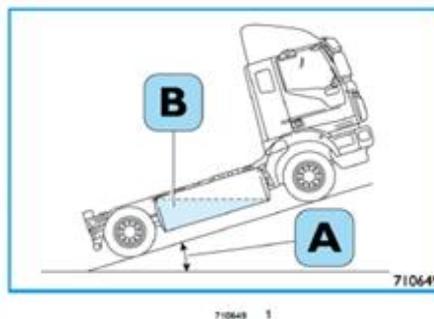
Hinweis seitens Iveco:

Gebrauch der Feststellbremse

Parken eines Fahrzeugs mit LNG- oder CNG/ LNG-Dualantrieb auf Straßen im Gefälle.

Vor dem Abschleppen, der Beförderung auf einem Autotransporter oder dem Parken von mehr als fünf Tagen auf Straßen im Gefälle oder geeigneten Flächen:

1. Sicherstellen, dass der Druck in den Tanks **9,5 bar** beträgt.
2. Den Druckmesser jedes LNG -Tanks zu Beginn und am Ende jedes Tages/Einsatzes prüfen. Ein Druck im grünen Bereich ist die wünschenswerteste Situation.
3. Die Tankwerte entsprechend dem Fahrzeugwinkel beobachten, wie in der Tabelle angegeben:
4. Beim Parken darf der Druckwert niemals **14 bar** überschreiten. Wenn doch, den Druck durch Starten des Motors auf **12 bar** reduzieren.



GEFÄLLE (A)	PROZENTUALER FÜLLSTAND
0 °	100 %
5 °	84 %
10 °	72 %
15 °	60 %
20 °	49 %
25 °	41 %
30 °	36 %

Quelle: IVECO

⁴ Siehe auch Arbeitsschutz und Ausstattung für die Wartung und Instandsetzung von Fahrzeugen mit LNG-Antrieb (TAK, ZDK, DGUV 2019)

