

Einsatz des Brennstoffs LNG

FACHARBEIT GEMÄSS § 21 VAP2.2-FEU NRW

Kaiserslautern, 13.12.2019

Eingereicht von: Thomas Höhne

Aufgabenstellung

Der Brennstoff LNG findet derzeit weitere Verbreitung. Müssen sich die Feuerwehren taktisch neu aufstellen ? Inwieweit muss die Ausstattung der Feuerwehren angepasst werden ?

Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Eigenschaften von LNG ?.....	2
2.1	Wo kommt LNG vor ?	3
3	Status quo und Zukunft des LNG-Handels	4
3.1	International	4
3.1.1	Verladen, Zwischenspeichern, Verteilen und Regasifizieren von LNG	4
3.2	National (Deutschland)	5
3.2.1	Planungsrechtliche Voraussetzungen zur Errichtung einer LNG-Anlage.	5
3.2.2	Stand der Technik – LNG Infrastruktur –	7
3.2.2.1	LNG Terminals.....	7
3.2.2.2	LNG Tankstellen.....	7
3.2.2.3	LNG-Satellitenanlagen.....	8
4	Welche Gefahren gehen von LNG aus ?	9
4.1	Pool-Feuer	9
4.2	BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion	10
4.2.1	LKW mit LNG-Antrieb	10
4.3	RPT – Rapid Phase Transition	10
4.4	Rollover.....	11
4.5	Sloshing.....	11
4.6	Erstickungsgefahr in geschlossenen Räumen	11
4.7	Verbrennungs- / Erfrierungsgefahr.....	12
5	Ausstattung und Taktik der Feuerwehr	13
5.1	Ausstattung der Feuerwehr.....	13
5.1.1	Trockenlöschmittel.....	14
5.1.2	Schaumlöschmittel.....	14
5.1.3	Löschwasserpumpen / Löschfahrzeuge	15
5.1.4	Mobile Wasserwerfer / Hydroschilde	15
5.1.5	Gasdetektoren	15
5.1.6	Hochauflösende Wärmebildkameras	15
5.1.7	Rettungsboote	16
5.1.8	Feuerlöschboote (FLB).....	16
5.1.9	Materialausstattung	16
5.2	Taktik der Feuerwehren	17
5.2.1	LNG-Austritt, nicht entzündet.....	17

5.2.2	LNG-Brände.....	18
5.2.3	Gefahrenzone.....	19
5.2.4	Allgemeine Maßnahmen.....	19
5.2.5	Persönliche-Schutz-Ausrüstung (PSA).....	20
6	Fazit.....	22
	Literaturverzeichnis.....	24
	Symbolverzeichnis.....	28
	Abbildungsverzeichnis.....	29
	Tabellenverzeichnis.....	30
	Anhang 1, Pressemeldungen International.....	31
	Anhang 2, Pressemeldungen National.....	35
	Anhang 3, Allgemeine Vorteile einer LNG-Nutzung.....	39
	Anhang 4, Allgemeine Nachteile einer LNG-Nutzung.....	40
	Eidesstattliche Erklärung.....	41
	Datenträger.....	42

1 Einleitung

Die nachfolgende Arbeit beschäftigt sich mit dem Brennstoff LNG, unter dem Aspekt einer zunehmenden Verbreitung auch in Deutschland. Die Annahme einer zunehmenden Verbreitung des Brennstoffs LNG in Deutschland, wird anhand von Rahmenbedingungen, der bestehenden Infrastruktur und Zukunftsentwicklungen untersucht. Es erfolgt zunächst eine nationale Bestandsaufnahme der LNG-Infrastruktur. Eine internationale Betrachtung verdeutlicht den Status quo des LNG-Handels weltweit, um daraus mögliche Entwicklungen auf nationaler Ebene ableiten zu können. Sowohl nationale rechtliche Bestimmungen, als auch nationale und internationale Fachpresseberichte geben Einblicke über die aktuellen Entwicklungen. Es wird verdeutlicht, dass Deutschland im internationalen Vergleich der Etablierung eines flächendeckenden Versorgungsnetzes hinterherhinkt. Am Beispiel des erst zu errichtenden LNG-Terminals in Deutschland werden die wirtschaftlichen und politischen Interessen, aber auch die umweltrechtlichen Gesichtspunkte der an der Planung und Umsetzung beteiligten Protagonisten verdeutlicht. Neben den unterschiedlichen Orten an denen LNG vorkommen kann, werden insbesondere die stoffspezifischen Eigenschaften von LNG beschrieben. Um LNG als Brennstoff auf seine Gefährlichkeit hin bewerten zu können, befasst sich die Arbeit mit den unterschiedlichen Aggregatzuständen und Möglichkeiten der Gefahrenabwehr. Aus den Erkenntnissen des Gefahrenpotentials werden die zur Verfügung stehenden Abwehrmaßnahmen der Feuerwehren beleuchtet. Es werden die Möglichkeiten und Grenzen der Gefahrenabwehr, mit den Mitteln der öffentlichen Feuerwehren aufgezeigt. Um die Gefährlichkeit von LNG einordnen zu können, wird LNG mit anderen Brennstoffen verglichen. Die Erkenntnisse aus dem Stoffvergleich und den z.Zt. vorhandenen Mitteln der Gefahrenabwehr öffentlicher Feuerwehren, sollen Aussagen über notwendige Bedarfe bzgl. der Ausstattung und taktischen Ausrichtung der Feuerwehren ermöglichen.

Zur Informationsgewinnung wurden nationale und internationale Regelungen in Form von Verordnungen, Richtlinien und Technische Regelwerke analysiert. Darüber hinaus wurde die internationale Fachpresse, welche sich mit dem Thema LNG beschäftigt, auf aktuelle Entwicklungen gesichtet und ausgewertet. Weitere zugängliche Literatur, welche dem Autor für die Aufgabenstellung relevant erschien, wurde zur Bearbeitung des Themas hinzugezogen.

Es erfolgte eine Befragung verschiedener Experten. U.a. von Herrn Dr. rer. nat. Martin Kaller (Werkfeuerwehr BASF, Ludwigshafen), Herrn Dr. Sebastian Foraita (Feuerwehr Frankfurt), Herrn Martin Neuhaus (Werkfeuerwehr BP, Gelsenkirchen), Herrn Ulrich Körner (Feuerwehr Hamburg), Herrn Lucas Kimmi (ehem. Dräger, Lübeck) und Herrn Dr. Philipp Golecki (Feuerwehr Freiburg).

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

2 Eigenschaften von LNG ?

LNG ist verflüssigtes Erdgas (Liquefied Natural Gas). Erdgas wird bei -162 °C und atmosphärischem Druck flüssig. Bei LNG handelt es sich um eine kryogene Flüssigkeit. Kryogen (griechisch κρυος kryos „Frost, Eis“; lateinisch generare „zeugen, erschaffen“) ist ein Begriff für Stoffe, Prozesse und Eigenschaften im Zusammenhang mit extrem niedrigen Temperaturen. [1] Weitere kryogene Flüssigkeiten sind z.B: flüssiger Stickstoff, flüssiger Sauerstoff, flüssiges Argon, flüssiger Wasserstoff, flüssiges Methan und flüssiges Ethen. Durch die Verflüssigung reduziert sich das Volumen um den Faktor 600. Hierdurch wird der Energieinhalt bezogen auf das Volumen erhöht. 1,0 kg LNG entsprechen rund 1,4 Liter Diesel. LNG wird als Kraftstoff in einem Temperaturbereich von -162 °C bis -130 °C und einem Druck von 1 bis 8 bar verwendet. LNG als Kraftstoff wird aus wirtschaftlichen Gründen bei kontinuierlichen Fahrtzeiten eingesetzt, wie sie bei schweren Lkw und Bussen gegeben sind. [2, S.5]

Bei genauerer Betrachtung findet bei einem Phasenübergang von flüssig auf gasförmig, bei Erdgas am Siedepunkt ($T=-161,18\text{ °C}$ bei $p=101325\text{ bar}$ u. 100% CH_4) eine Dichteänderung mit einem Faktor von ca. 1/230 statt. Dadurch nimmt ein Volumen von 1 l verflüssigtem Erdgas sprunghaft ein Volumen von 230 l im gasförmigen Zustand ein. Bei weiterer Erwärmung des Gases bis auf 0 °C reduziert sich die Stoffdichte weiter auf $0,718\text{ kg/m}^3$, so dass die gleiche Stoffmenge nun ein Volumen von 588 l einnimmt. [3, S.35]

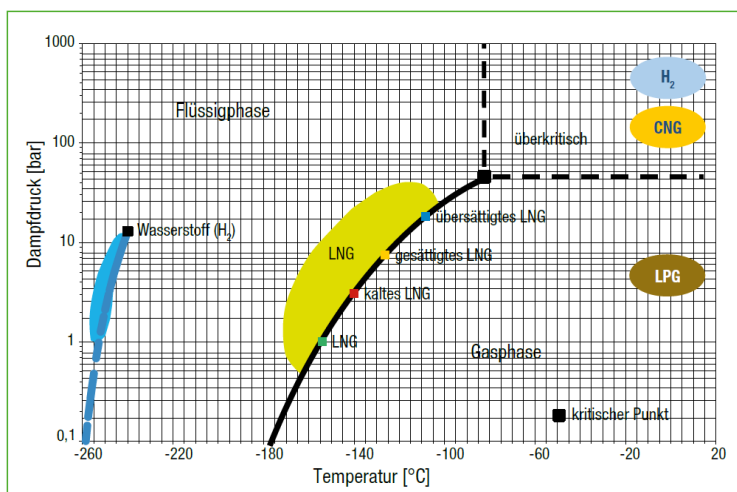


ABB.: 1; Verlauf von Temperatur und Druck von LNG im Vergleich zu CNG, LPG und Wasserstoff; Quelle: [5]

Gasphase aus. Dadurch existieren keine Unterschiede zwischen beiden Aggregatzuständen mehr. LNG-Anwendungen liegen üblicherweise im gelb markierten Bereich und daher im unterkritischen Bereich. Weitere Produkteigenschaften von LNG können der internationalen Norm DIN EN ISO 16903 entnommen werden. [4, S.6]

Erdgas besteht zum größten Teil aus Methan und anderen brennbaren Gasen (Ethan, Propan, Butan), enthält aber auch inerte Gase wie Stickstoff und CO_2 . Bei der Produktion von LNG werden durch Vorreinigung und den Kühlprozess des Erdgases verschiedene Bestandteile abgetrennt. Höherwertige Kohlenwasserstoffe wie Propan,

LNG besteht aus der Hauptkomponente Methan und entsteht durch Abkühlung von Erdgas auf -162 °C bei Umgebungsdruck. ABB.: 1 zeigt die Dampfdruckkurve von reinem Methan mit einem Tripelpunkt von -182 °C und $0,117\text{ bar}$. Der kritische Punkt von Methan befindet sich bei $-82,4\text{ °C}$ und 46 bar . Der kritische Punkt eines Stoffes zeichnet sich durch ein Angleichen der Dichten der flüssigen Phase und der

Butan oder Ethan werden vielfach vorher abgeschieden und anderweitig verwendet. Verunreinigungen durch andere Stoffe wie z. B. Wasser, Schwefel und Quecksilber, sind im LNG kaum vorhanden. Durch die Gasaufbereitung und Verflüssigung ist LNG ein homogener Kraftstoff, der überwiegend aus Methan (in der Regel über 90 %) besteht. LNG ist farb- und geruchlos, nicht toxisch und nicht karzinogen. Auslaufendes LNG verdampft unter Umgebungsbedingungen und ist nicht wassergefährdend. LNG ist ohne Sauerstoffzufuhr nicht brennbar. In die Gasphase übergehendes LNG ist wie Erdgas in einem Explosionsbereich von etwa 5 Vol.-% bis 15 Vol.-% in Luft, bei Vorhandensein einer Zündquelle explosionsfähig. Die Selbstentzündungstemperatur liegt je nach LNG-Beschaffenheit bei etwa 580 °C und ist im Vergleich zu der Selbstentzündungstemperatur von Diesel von ca. 220 °C relativ hoch (DIN EN 590). [4, S.6]

2.1 Wo kommt LNG vor ?

LNG kommt in Import- und Exportterminals, Bunkerterminals, LNG-Tankstellen, als Treibstoff für Binnen- und Seeschifffahrt und LKW, sowie als Treibstoff in der Luftfahrt vor. Untersuchungen haben ergeben, dass sich LNG aufgrund seiner hervorragenden Verbrennungseigenschaften ideal als zukünftiger Flugkraftstoff für Flugturbinen eignet [6, S.32]. Weiterhin kommt LNG in Kesselwagen der Bahn, in kryogenen Containern, als LNG-Satellitenanlagen und in Gasleitungsrohrnetzen vor.

3 Status quo und Zukunft des LNG-Handels

3.1 International

Im Vergleich zu Deutschland findet weltweit ein reger Handel mit LNG-Brennstoffen statt. Im Anhang 1 werden die internationalen Presseberichte der jüngsten Vergangenheit aufgeführt, sie zeigen einen kurzen Einblick in welchen Ländern u.a. Import und Export mit LNG-Brennstoffen betrieben wird. Die Tabelle 1 zeigt die weltweite Anzahl der LNG-Terminals nach Region und Projektstatus differenziert. Es befinden sich z.Zt. weltweit 191 Terminals in Betrieb und 161 Terminals in der Entwicklung. In Deutschland existieren im internationalen Vergleich keine Terminals. Neben der Zunahme von LNG-Terminals nimmt auch die Vernetzung der Staaten mittels Gasleitungen zu. [7]

Tabelle 1; Globale Infrastruktur der LNG-Terminals, Quelle: [7]

Global Fossil Infrastructure Tracker, 4/15/19						
Region	Proposed	Construction	In Development (Proposed + Construction)	Shelved	Cancelled	Operating
Africa	15	1	16	4	1	9
Asia Pacific	47	9	56	11	17	105
Eurasia	5	0	5	1	1	3
Europe	14	1	15	3	14	33
Latin America	7	2	9	5	3	11
Middle East	5	0	5	3	1	14
North America	51	4	55	12	25	16
Total	144	17	161	39	62	191

Die INTERNATIONAL GAS UNION, veröffentlicht in ihrem WORLD LNG REPORT 2019, die weltweit aktuellen Daten über die Entwicklung im LNG-Markt. [8] Neben der Entwicklung der LNG-Import- und Exportterminals, gewinnen LNG-Schiffe als reines

Transportmedium, aber auch als gleichzeitige Regasifizierungsanlagen oder reine Bunkerschiffe, mehr und mehr an Bedeutung. Es ist zu erwarten, dass auch Deutschland in naher Zukunft an dieser Entwicklung teilhaben wird.

3.1.1 Verladen, Zwischenspeichern, Verteilen und Regasifizieren von LNG

Das meiste LNG kommt aus Gebieten in denen große Mengen Erdgas entdeckt wurden, so z.B. in Nordafrika, dem Mittleren Osten und den Westindischen Inseln. Zu den Ländern die u.a. LNG herstellen, gehören Trinidad, Nigeria, Algerien, Ägypten, Oman, Katar, Indonesien, Malaysia, Australien und die USA. LNG kommt per Schiff am Tanklager an, wird entladen und in Tanks gefüllt. Dann kann es entweder mit Tankkraftwagen oder Bunkerschiffen bzw. über Abfüllstationen (zur Befüllung von LNG-Trucks) oder Schiffbunkerung weiter verteilt werden. Oder es wird erwärmt (oder regasifiziert) und dann in das Gastransportnetz eingespeist. Ab diesem Moment wird

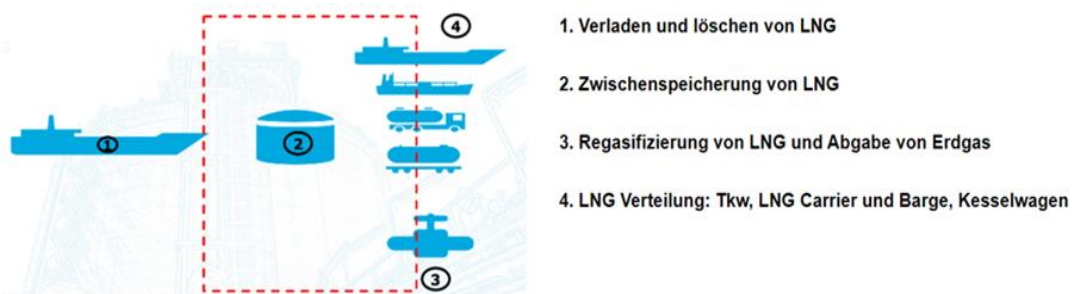


ABB.: 2; Transport und Lagerung von LNG [9]

es genauso verwendet wie konventionelles Erdgas. In der ABB.: 2 ist das Prinzip des Transportes und der Lagerung von LNG, dargestellt. [9]

3.2 National (Deutschland)

Der Bundesrat stellte fest, dass vor dem Hintergrund des beabsichtigten Kohleausstiegs der Gasbedarf und insbesondere die Anforderungen an die Gasnetzinfrastruktur übergangsweise steigen werden, wenn im deutschen Stromversorgungssystem zunehmend Gaskraftwerke zur Sicherstellung der Versorgung eingesetzt werden. Um die steigende Kapazitätsnachfrage zu befriedigen, ist der bedarfsgerechte Ausbau des Gasnetzes im Rahmen des Netzentwicklungsplan-Prozesses sicherzustellen. [10, S.3]

Erdgas spielt eine zentrale Rolle im Energiemix. Deutschland deckt rund ein Viertel seines Primärenergiebedarfs mit Gas und ist damit einer der größten Gasverbraucher in der Europäischen Union. Diese Bedeutung wird kurz- und mittelfristig weiter wachsen. Zudem ergibt sich aufgrund der sinkenden Förderung in Europa, ein zusätzlicher Bedarf an Gasimporten in die Europäische Union und damit auch nach Deutschland. Daher sollen im Interesse der Versorgungssicherheit möglichst viele verschiedene Versorgungswege und -quellen für Gas erschlossen werden. [11, S.1] Während bisher vor allem Erdgas aus Russland, Norwegen und den Niederlanden mittels Pipelines nach Deutschland transportiert wird, können durch verflüssigtes Erdgas (Liquefied Natural Gas – LNG), welches per Schiff angelandet werden kann, neue Bezugsquellen erschlossen werden, z.B. aus den USA oder anderen Staaten. Hierdurch kann auch der Rückgang der Gasförderung in den Niederlanden kompensiert werden (Rückgang der L-Gas-Produktion). Der Einsatz von LNG erweitert somit als zusätzliche Säule das Gasangebot in Deutschland und schafft eine weitere Quelle für eine sichere und langfristige Versorgung mit Gas. [11, S.9-10] Da perspektivisch mit einem russischen Anteil von rund 50% und mehr an der deutschen Gasversorgung zu rechnen ist, besteht ein besonderes nationales Interesse, dieser Entwicklung mittels LNG-Importkapazitäten entgegen zu wirken. [12, S.17]

Neben dem beschriebenen Status quo im Bereich der Terminal-Infrastruktur, wird dem LKW-Verkehr eine zunehmende Bedeutung beigemessen. Der VW-Konzern plant im Rahmen seiner Nachhaltigkeitsstrategie den Einsatz von LNG-betriebenen Lastkraftwagen. So sollen allein in Deutschland in den nächsten zwölf Monaten laut einer Pressemitteilung mindestens 100 LNG-Lastkraftwagen für Volkswagen fahren. Die Konzernmarke Scania hat bereits einen LNG-Motor präsentiert. Vorreiter dieser Technologie ist Iveco, auch Volvo will verstärkt LNG-Lkw auf die Straße bringen. [Anhang 2, VW-Logistik, 17.06.2019]

3.2.1 Planungsrechtliche Voraussetzungen zur Errichtung einer LNG-Anlage

In Deutschland existieren z.Zt. noch keine LNG-Terminals. Der folgende Sachverhalt soll die Komplexität mit dem Begehren einer zukunftsorientierten Energiepolitik auf der einen Seite und die Berücksichtigung planungsrechtlicher Belange auf der anderen Seite verdeutlichen. Einer der z.Zt. in Frage kommenden Standorte eines LNG-

Terminals, welcher von potentiellen Investoren und auch der Politik diskutiert wird, soll in Brunsbüttel entstehen.

Der marktwirtschaftliche Ausbau der LNG-Infrastruktur in Deutschland ist ein wichtiges Anliegen der Bundesregierung. Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, die regulatorischen Rahmenbedingungen für die Errichtung der LNG-Infrastruktur angepasst. Zur Umsetzung des am 12. Februar 2019 veröffentlichten Eckpunktepapiers hat das BMWi den Referentenentwurf der Verordnung zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Aufbau der LNG-Infrastruktur in Deutschland erarbeitet. Bundeskabinett und Bundesrat haben die Verordnung beschlossen. Die Anpassungen gelten seit dem 20. Juni 2019. [13]

Die Verordnung [10] verfolgt das Ziel, Anreize und Rahmenbedingungen für potentielle Investoren und Betreiber von LNG-Anlagen zu geben. Für den Standort Brunsbüttel beabsichtigt die German LNG Terminal GmbH, ein Joint Venture der Unternehmen Gasunie LNG Holding B.V., Oiltanking GmbH und Vopak LNG Holding B.V., ein Tanklager zur Lagerung und Regasifizierung von Flüssigerdgas zu errichten und zu betreiben. Das Unternehmen selbst, stuft sein Vorhaben als „Störfallbetrieb“ im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) und der 12. Bundesimmissionsschutzverordnung (12. BImSchV - Störfallverordnung) ein. Hierin enthalten gelten die Bestimmungen der Seveso-III-Richtlinie. [14] [15] Art. 13 Abs. 1 der Seveso-III-Richtlinie verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Überwachung der Ansiedlung neuer Betriebe und der Einhaltung angemessener Sicherheitsabstände. Da die Wahrung des angemessenen Sicherheitsabstands ihre Grundlage im Bauplanungsrecht hat und keine Betreiberpflicht ist (vgl. § 3 Abs. 5 Störfallverordnung), fällt sie im Genehmigungsverfahren als sonstige öffentlich-rechtliche Vorschrift unter § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG.

Entgegen den Vorstellungen der potentiellen Investoren und Betreiber, wonach unter Beachtung der v.g. Rechtslage keine Bedenken gegen die Ansiedlung einer LNG-Anlage am Standort Brunsbüttel bestehen, kommt ein Gutachten der Deutschen Umwelthilfe e.V. zu einem anderen Ergebnis. Hierin liegen die rechtlichen Voraussetzungen zur Ansiedlung des Störfallbetriebs in Form eines LNG-Terminals in Brunsbüttel nicht vor. Als wesentliche Begründungen werden die Sicherheitsabstände zu umliegenden Einrichtungen nicht eingehalten und zudem besteht die Verpflichtung die Öffentlichkeit zu Beteiligten. [16]

Der v.g. Sachverhalt zeigt die Schwierigkeiten in der Planung und Umsetzung des ersten LNG-Terminals in Deutschland auf. Eine zukunftsgerichtete Energiepolitik i.V. mit der Einhaltung planungsrechtlicher Voraussetzungen beschreibt, wie schwierig es ist konkrete Realisierungstermine zu nennen. Die nicht vorhandene Infrastruktur von LNG-Anlagen i.V. mit der Aufgabenstellung zur Beurteilung neuer taktischer Ausrichtungen und Ausstattungen der Feuerwehren, verdeutlicht die Herausforderung einer konkreten Darstellung.

3.2.2 Stand der Technik – LNG Infrastruktur –

Grundsätzlich müssen die Anlagenbetreiber den Anschluss der LNG-Anlagen an das Fernleitungsnetz selbst bauen und bezahlen. Da die bisherigen Gasnetze nicht auf eine LNG-Anlandung ausgelegt sind, können dafür zum Teil sehr lange Leitungen erforderlich werden. Die Fernleitungsbetreiber werden durch eine Änderung der Gasnetzzugangsverordnung (Artikel 1, §§ 39a bis 39g) verpflichtet, die Leitungen zwischen der LNG-Anlage und dem Fernleitungsnetz zu errichten und dadurch die LNG-Anlage an das Gasnetz anzuschließen. Sie stellen somit den Marktzugang sicher für das Erdgas, welches als verflüssigtes Erdgas nach Deutschland geliefert und in den Wiederverdampfungsanlagen der Terminals regasifiziert wird. Die Anlagenbetreiber werden dadurch zugleich weitgehend von der bisherigen Pflicht zur Kostenerstattung befreit. Dies erhöht die Planungs- und Investitionssicherheit für die Betreiber der neu zu errichtenden Terminals, erleichtert die Realisierung der Projekte und macht sie wirtschaftlich attraktiver. Funktional ist die Anlandung und Regasifizierung mit dem Import von Gas mittels Pipeline vergleichbar: Hier besteht bereits heute die Pflicht der Fernleitungsnetzbetreiber, ihr Netz bis zum Grenzübergang auszubauen. Künftig soll es regulatorisch keinen Unterschied machen ob ausländisches Gas per Pipeline oder wie LNG per Schiff, nach Deutschland kommt. [11, S.9-10]

In der Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) werden die Rahmenbedingung geschaffen um Deutschland zum Standort für eine LNG-Infrastruktur zu machen. Auf der anderen Seite wird vermieden, dass unter Umständen eine derzeit noch nicht absehbare Anzahl von LNG-Anlagen den Netzanschluss unter den in dieser Verordnung in den §§ 39a bis 39f GasNZV normierten Bedingungen begehren, selbst wenn sich die Rahmenbedingungen für die Realisierung der LNG-Infrastruktur geändert haben sollten. [11, S.13] In Anhang 3 u. 4 sind die wichtigsten allgemeinen Vor- und Nachteile einer LNG-Nutzung aufgeführt.

3.2.2.1 LNG Terminals

Der Bau der Importterminals erfolgt auf privatwirtschaftlicher Ebene. Es existieren z.Zt. noch keine betriebsbereiten LNG-Terminals in Deutschland. Mögliche Standorte für Terminals werden z.B. in Brunsbüttel, Stade und Wilhelmshaven im Rahmen der Planungsbeteiligten geprüft. [11, S.9] Es werden Import- und Exportterminals und Bunkerterminals unterschieden. Import- und Exportterminals führen Erdgas ein, bereiten es für die Weiterdistribution auf („Receiving LNG-Terminal“) und geben es entweder direkt in das Pipelinenetz oder an Schiffe, Bahn oder Lkw, weiter. [12]

3.2.2.2 LNG Tankstellen

Derzeit sind vier öffentlich zugängliche LNG-Tankstellen für LKW in Deutschland in Betrieb. Die Bundesregierung geht davon aus, dass in den kommenden Jahren mehr als 20 öffentlich zugängliche LNG-Tankstellen verfügbar sein werden, so dass eine Abdeckung gemäß den Vorgaben der Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe gegeben sein wird. Für komprimiertes Erdgas (CNG) besteht mit der vorhandenen Infrastruktur (rd. 900 Tankstellen, davon sind ca. 90 CNG-Tankstellen LKW-tauglich) bereits eine angemessene und flächendeckende

Versorgung mit CNG-Tankstellen entsprechend den Anforderungen der Richtlinie 2014/94/EU sowohl entlang des TEN-V Kernnetzes, als auch in den Ballungszentren. [17, S.1] Für die Versorgung mit CNG formuliert die Richtlinie 2014/94/EU die Zielsetzung, dass entsprechende Fahrzeuge bis 2020 in sämtlichen Ballungsräumen und dicht besiedelten Gebieten und bis 2025 im gesamten TEN-V Kernnetz verkehren können. Die Angemessenheit im Straßen- und Straßengüterverkehr ist darüber hinaus nach dem Nationalen Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe gegeben, wenn der Abstand zwischen CNG-Tankstellen in Ballungsräumen maximal 5 km oder eine Fahrtzeit von 15 Minuten nicht überschreitet, sowie der Abstand von 150 km zwischen Tankstellen entlang des TEN-V-Netzes nicht überschritten wird. Ausgehend von den bereits vier in Betrieb befindlichen LNG-Tankstellen in Deutschland, sind basierend auf einem maximalen Abstand von 400 km innerhalb Deutschlands entlang des TEN-V-Kernnetzes, weitere fünf LNG-Tankstellen erforderlich um die Richtlinienanforderungen zu erfüllen. [17, S.2]

Für ein erstes LNG-Tankstellennetz in Deutschland mit dem der Schwerlastverkehr und insbesondere die schweren im Transit fahrenden Lkw versorgt werden könnten, sind aufgrund der hohen Reichweite der LNG-Lkw über Deutschland verteilt nur weniger als zehn Stationen für ein Grundnetz erforderlich. Über einen mittelfristigen Ausbau des Netzes auf 40 LNG-Tankstellen, könnte auch ein regionaler Lkw-Verkehr mitversorgt werden. [2, S.9]

Tabelle 2; Entwicklung von LNG / CNG-Tankstellen pro Jahr; Quelle: [17, S.2]

Tankstellenanzahl / Jahr	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
CNG	920		921	0,001%	911	-0,11%	911	0%	883	-3,10%	862	-2,40%
LNG							1		2	100%	4	100%

3.2.2.3 LNG-Satellitenanlagen

Es handelt sich hierbei um Anlagen mit einer Kapazität von 5 bis 200 Tonnen. Gespeichert wird LNG in Kryobehältern unter einem Druck von bis zu 20 bar. LNG-Satellitenanlagen bestehen üblicherweise aus vakuumisolierten doppelwandigen Drucktanks, einer Einrichtung zur Befüllung des Tanks, einem Verdampfer und den Einrichtungen zur Regulierung für den Endverbraucher. Der Anwendungsbereich von Satellitenanlagen liegt bei der Energieversorgung von Industrieanlagen. Zur Anlagensicherheit wird zwischen der Aussen- und Innenhaut aus Stahl, eine Vakuum-Perlit- oder Stickstoff-Perlit-Isolation zum Schutz vor Wärmeeinwirkung verwendet. Die Kryobehälter sind dadurch gut vor mechanischen und thermischen Einwirkungen geschützt. Für den Fall einer Leckage ist die Anlage mit einer 30 cm hohen Begrenzungsmauer und Auffangwanne ausgestattet. Um zu verhindern, dass LNG sowohl in der Flüssig- als auch in der Gasphase in das Abwassersystem oder in Versorgungsschächte gelangt, müssen die betroffenen Schächte in der Umgebung verschlossen sein. Die Anlage ist mit einem Anfahrtschutz und gegen unbefugtes Betreten mit einer Umzäunung zu versehen. [18]

4 Welche Gefahren gehen von LNG aus ?

Da es sich bei LNG um eine kryogene Flüssigkeit handelt, gibt es im Vergleich zu Diesel gewisse Anforderungen im Umgang. Nachfolgend werden spezielle Risiken beschrieben, die bei der Verwendung von LNG auftreten können. Der wesentliche Unterschied des LNG Bunkervorganges gegenüber dem konventionellen Bunkern von Öl sind die Konsequenzen die aus einer LNG Leckage resultieren. Im Gegensatz zu Ölverschmutzungen können LNG Leckagen u.a. aufgrund der kryogenen Eigenschaften zu strukturellen Beeinträchtigungen der Infrastruktur führen. Bei einer Freisetzung von LNG können außerdem zündfähige Gaswolken entstehen, wobei flüssig austretendes LNG aus einem Behälter oder Tank praktisch sofort verdampft. Der Dampf sinkt zunächst zu Boden und verflüchtigt sich dann sehr schnell (Vermischung mit Luft). Eine Entzündung kann nur erfolgen, wenn das Gemisch aus Gas und Luft innerhalb eines Mischungsverhältnisses mit Luftsauerstoff von ca. 5 – 15 % Vol. („Explosionsgrenzen“) mit einer Zündquelle zusammentrifft. Diese Grenzen werden allerdings bei der Verflüchtigung sehr schnell passiert, so dass die Zeitspanne, in der akute Entzündungsgefahr gegeben ist, relativ kurz ist. Kommt es in dieser kurzen Zeitspanne zu einer Entzündung des Gas-Luftgemisches, kann Methan in offenen Bereichen normalerweise keinen schädlichen Überdruck aufbauen. Bereiche aus denen sich das Gas nicht schnell genug verflüchtigt, können explosionsgefährdet sein. Eine der wesentlichsten Gefahren beim Transport und der Lagerung von LNG, ist die Entstehung eines Feuers oder einer Explosion [19, S.49].

4.1 Pool-Feuer

Im Fall des Austritts von LNG in der Nähe einer Entzündungsquelle kann das verdampfende Gas in der flammbaren Gas-Luft-Mischung zu brennen beginnen. Die Folge ist ein sogenanntes Pool-Feuer (ABB.: 3). Das Ausmaß dieses Risikos ist unter anderem abhängig vom Wärmeübergang bei Kontakt mit Wasser und der entstehenden Wärme des Feuers. Lediglich beim Verlust großer Mengen an LNG beispielsweise bei der Verschüttung von LNG auf einem Schiff oder Tanker auf die Wasseroberfläche, stellt dieses Risiko eine Gefahr dar. Die Reichweite und Ausdehnung des Feuers ist von verschiedenen Faktoren abhängig. U.a. beeinflussen die Durchlaufmenge des austretenden LNG, die Art der Oberfläche (Wasser oder Land), die



ABB.: 3; Test mit LNG Austritt.
Quelle: Northeast Gas
Association 2014. [19, S.50]

Oberflächenbeschaffenheit (Geometrie und Rauheit), die Freisetzungstemperatur, die Windgeschwindigkeit und die Umgebungstemperatur und die atmosphärische relative Luftfeuchtigkeit, das Ausmaß der Gefahr. Ist der Pool der die entlaufene kryogene Flüssigkeit enthält nicht beschränkt und die Menge an austretendem LNG groß, brennt das Feuer solange bis der gesamte Brennstoff aufgebraucht ist. Es ist nicht möglich große Pool-Feuer zu löschen bevor nicht die Quelle die den Pool mit LNG versorgt, verschlossen wird. Pool-Feuer sind extrem heiß und sehr intensiv. Sie brennen um ein Vielfaches heißer als das Feuer herkömmlicher Öle. Auch wenn ein Pool-Feuer nur

eine geringe Menge an Rauch erzeugt, ist der Ausdehnungsradius der Wärme aufgrund des schweren Kohlenwasserstoffes um einiges größer. Experten sind sich einig, dass die größte Gefahr für LNG-Pool-Feuer am Wasser, also am offenen Meer und bei der Lagerung in Häfen besteht. [11, S.50].

4.2 BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

Ein BLEVE beschreibt eine Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit (ABB.: 4). Dieses Risiko kann bei geschlossenen Tankbehältnissen während der Lagerung von LNG auftreten. Ein umgebendes Feuer um einen LNG-Lagerbehälter oder Tank, führt zu einer schnellen Erwärmung der Flüssigkeit und einem schnellen Druckanstieg. Entlastungsventile sollten den Druck zwar minimieren, jedoch kann es sein, dass die Ventile nicht groß genug / ausreichend sind. Es ist zu erwähnen, dass dieses LNG-Risiko in der Praxis sehr unwahrscheinlich ist und in der langen Geschichte von LNG lediglich zwei Unfälle beim Straßentransport von LNG verzeichnet wurden. [19, S.50]

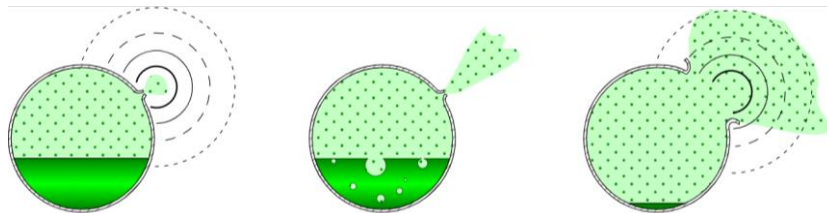


ABB.: 4; BLEVE; Quelle: [35]

4.2.1 LKW mit LNG-Antrieb

Das flüssige Erdgas ist im Gegensatz zu Tanks mit reiner Gasbefüllung nicht mit einem Geruchsstoff odoriert und demnach für Einsatzkräfte mit dem Geruchssinn nicht wahrnehmbar. Bei einem Überdruck lösen die Sicherheitsventile aus und eine in Brand geratene Stichflamme kann mehrere Meter betragen. Bei einer beschädigten Isolierschicht des Behälters entleert sich das System binnen Stunden aufgrund der Aufheizung durch die Umgebungstemperatur. Bei Lageveränderung des Fahrzeuges (gekippt bzw. umgefallen) besteht die Möglichkeit, dass flüssiges LNG zunächst über Leckagen ausläuft bis es anschließend verdampft. [20, S.21]

4.3 RPT – Rapid Phase Transition

RPT bedeutet „rascher Phasenübergang“ und beschreibt eine physikalische, flammenlose Explosion aufgrund der Berührung zweier Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Temperaturen und Siedegraden, z.B.: LNG und Wasser. Ausschlaggebend für dieses Phänomen, ist die Zusammensetzung des LNG und die Temperatur des Wassers. Während des Austritts von LNG bildet sich aufgrund des Überdrucks schnell Dampf. Kommt kryogene Flüssigkeit beispielsweise mit harten Oberflächen in Berührung, bleibt eine RPT-Reaktion aus. Dieses Phänomen kann sehr heftig sein, dehnt sich allerdings nicht weit von der Austrittsstelle aus. [19, S. 51] Tests haben gezeigt, dass dieses Phänomen auftreten könnte, wenn die Wassertemperatur hoch ist (12 - 17 °C, je nach Intensität der Vermischung) und im Kryo-Gemisch ein

geringer Anteil an Methan vorliegt. Aktuelle Vorkommnisse zeigten, dass RPT auch auftreten kann, wenn warmes Gas in ein Rohr mit LNG eingebracht wird. [21, S.33]

4.4 Rollover

Ein „Rollover“ kann bei der Lagerung und dem Transport auf Schiffen auftreten. Das Phänomen kann auftreten, wenn große Mengen an LNG Dämpfen entweichen und es zur Vermischung der LNG Schichten innerhalb der Lager- oder Transportbehälter kommt. Dies ist insbesondere in Phasen mit geringem LNG-Verbrauch zu beachten. Ein Indikator für dieses Verhalten ist die Schichtenbildung innerhalb eines Tanks, die aufgrund der Lagerung von LNG mit unterschiedlichen Zusammensetzungen innerhalb eines einzigen Behälters entsteht. Ausschlaggebend hierfür ist die Zunahme an „Short-Term-Kontrakten“ mit unterschiedlichen LNG Herstellern. Deshalb ist es von hoher Relevanz, unterschiedliche LNG Sorten bei der Betankung nicht zu vermischen. Von der Gefahr und daraus resultierenden Schäden sind insbesondere Mitarbeiter in Import- und Export-Terminals betroffen. Um das Phänomen zu vermeiden ist für die LNG-Beschaffung die Single-Sourcing Strategie gegenüber der Multiple-Strategie zu priorisieren. Weiterhin sollten Dauerumlauf-Systeme, abwechselnde Top- und Bodenbefüllungen, LOPA-Analysen (Layer of protection analysis) und ein konsequentes Risikomanagement, beachtet werden. [19, S. 51]

4.5 Sloshing

Das Phänomen „Sloshing“ kann während des Transports von LNG in speziellen Tanks mit einem Fassungsvermögen von etwa 150.000 m³ auftreten. Aufgrund des Wellenganges auf hoher See kommt es innerhalb dieser Tanks zu Schwankungen der transportierten Flüssigkeit (ABB.: 5). Dies kann zu Beschädigungen der Innenseite der Behältnisse führen und wird als Sloshing bezeichnet. In der 40-jährigen Chronik des LNG-Transportes gab es bislang keine nennenswerten Vorfälle oder Unfälle mit verletzten Personen und der Schaden durch das Phänomen Sloshing wird häufig erst bei Inspektionen im Hafen ersichtlich. [19, S.52]

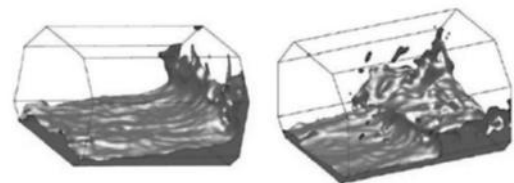


ABB.: 5; Sloshing. Quelle: Woodward und Pitblado 2010. [19, S.52]

4.6 Erstickungsgefahr in geschlossenen Räumen

Tritt LNG in geschlossenen Räumen aus oder gelangt bei Austritt in solche, besteht für den Menschen unter bestimmten Umständen Erstickungsgefahr. Obwohl die kryogene Flüssigkeit prinzipiell nicht giftig ist, kann es durch Verdrängung zu Sauerstoffmangel kommen. Abgesehen von den negativen Kälteeinwirkungen auf die Haut sind Feuerwehrkräfte unter Atemschutz grundsätzlich gegen Sauerstoffmangel geschützt. [19, S.52] Bei einem planmäßigen Umgang von LNG-Stoffen in Räumen, sind entsprechende Gasmess- und Warnanlagen als vorbeugende technische Maßnahme ein probates Mittel um ein Risiko für Beschäftigte und Rettungskräfte zu minimieren.

4.7 Verbrennungs- / Erfrierungsgefahr

Die extrem niedrigen Temperaturen können bei einem Hautkontakt zu Verletzungen, einem sogenannten Frostbrand führen. Allerdings ist festzuhalten, dass LNG im Allgemeinen bei bestimmungsgemäßem Umgang keine Gefahr für die Öffentlichkeit darstellt. Mitarbeiter können sich durch spezielle Sicherheitsbekleidung wie Vollgesichtsschutz oder extra lange Handschuhe schützen und dadurch vielen LNG Unfällen vorbeugen. Ein weiteres Risiko ist das Einatmen der kalten LNG Dämpfe. Dies kann zu Vereisungen an der Lunge führen. Auch auf Oberflächen und bestimmten Materialien wie Aluminium oder Stahl hinterlässt die Flüssigkeit ihre Spuren, weshalb LNG-Schiffe, Frachter, Tanks und anderes Equipment aus speziell bearbeiteten Werkstoffen bestehen. [19, S.52]

5 Ausstattung und Taktik der Feuerwehr

Die Gefahr, welche von LNG-Leckagen in flüssigem und gasförmigem Aggregatzustand ausgeht, bestimmt im Wesentlichen die Einsatzgrenzen von Mannschaft und Gerät. Ausgehend von der Überlegung, dass die Taktik den Einsatz von Mannschaft und Gerät bestimmt, sind diesem Ansatz Grenzen gesetzt. Die Grenzen werden von der Gefahr und den Beständigkeiten der eingesetzten Mittel gesetzt. Zur Bestimmung der Taktik werden nachfolgend die den Feuerwehren zur Verfügung stehenden Mittel beschrieben und die Randbedingungen konkretisiert.

5.1 Ausstattung der Feuerwehr

Zur Festlegung der erforderlichen Gefahrenabwehrmaßnahmen und der hierfür notwendigen Ausstattung der Feuerwehr ist es erforderlich, die wesentlichen Eigenschaften kryogener Flüssigkeiten zu berücksichtigen. Ein unkontrolliertes Austreten kryogener Flüssigkeiten aus einem Tank oder Verdampfersystem, kann bei Kontakt mit Prozessanlagen und Ausrüstungen zu Sprödbrüchen führen. Aus diesem Grund ist es notwendig, Ausstattungen mit geeigneten Materialeigenschaften zu verwenden.

Für die Ausstattung der Feuerwehren müssen die erforderlichen Geräte, Fahrzeuge, und Sonderausrüstungen für die Gefahrenabwehr geeignet sein. Im Rahmen einer Studie befasste sich das TEN-T (Trans-European Transport Network) in Form des Rahmenplans Flüssigerdgas für Rhein-Main-Donau, mit Not- und Unfalleinsätzen auf Binnengewässern. Das Ziel der Studie bestand darin die möglichen Szenarien des Austritts von LNG zu bestimmen, mit denen Einsatzkräfte und Unfall-Einsatzteams konfrontiert werden könnten. Im Gegensatz zur Seeschifffahrt mit großen Transportvolumina, bezieht sich die Studie auf die Binnenschifffahrt mit kleineren LNG-Mengen. Die Szenarien umfassen alle möglichen Unfälle mit einem Schiff mit LNG als Treibstoff und LNG als Ladung. [21]

Die Rhine Port Group, welche aus der Hafenbehörde Rotterdam zusammen mit dem Hafen Antwerpen, dem Hafen Mannheim, dem Hafen Straßburg und dem Hafen der Schweiz besteht, bat das beratende Konsortium aus Falck und der Vereinigten Feuerwehr Rotterdam, Richtlinien und Empfehlungen für Notfalleinsatz-Organisationen bereitzustellen. Die Zielgruppen waren die Binnenschifffahrt und Not- und Unfalleinsatzgruppen die in diesem Bereich tätig sind. Die Studie gibt einen Überblick über die Kenntnisse zu Not- und Unfall-Einsätzen und den neu entwickelten Richtlinien für LNG-Unfalleinsätze im Rheingebiet. Es wurden Schadensereignisse auf Gewässern untersucht und Szenarien zu Austreten, Emission und Eskalation unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit definiert. Als ein wichtiges Ergebnis der Untersuchung wurden Lücken in der Ausstattung der Feuerwehren festgestellt. Es wurde beschrieben, dass es keine spezifischen maßgeschneiderten Einsatzgeräte im Hinblick auf LNG in kleinen Mengen in der Binnenschifffahrt gibt. In den Notfalleinsatzplänen für die unterschiedlichen Szenarien werden die Feuerwehren als „Sekundäre Einsatzkräfte“ bezeichnet. Für die erforderlichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr wird die notwendige Ausrüstung aufgeführt. [21, S.48] Aus der Studie geht nicht hervor, welche Lücken im Detail und auf den Standort bezogen bestehen.

Die erforderliche Ausrüstung und die Ressourcen werden sehr allgemein und unspezifisch beschrieben. Zur Ausstattung in Form von Geräten und Material gehören Trockenlöschmittel, Schaumlöschmittel, Löschwasserpumpen, Löschfahrzeuge, mobile Wasserwerfer, mobile Hydroschilde, Gasdetektoren, hochauflösende Wärmebildkameras, Rettungsboote, Löschboote und PSA zum Verhindern von Verbrennungen und Erfrierungen.

Bei allen v.g. Ausrüstungen muss beachtet werden, dass es nicht praktisch und sogar unmöglich ist, große LNG-Lachenbrände mit großem LNG-Austritt und damit einhergehender großer Wärmestrahlung zu löschen, wenn nicht der LNG-Zustrom zur Lache gestoppt werden kann.

5.1.1 Trockenlöschmittel

Bei einem begrenzten LNG-Lachenbrand (z.B. in einem Tankwall; Brandfläche < 10 m²), ist das Löschen mit Trockenlöschmittel der Klasse BC möglich. Bei größeren Flächen ist das Schützen umliegender Bereiche zu priorisieren. [21, S.63]

5.1.2 Schaumlöschmittel

Die Dampfausbreitung und die Wärmestrahlung aus einer begrenzten LNG-Lache, können durch Aufbringen von Schaum mit einer hohen Expansionsrate auf die Oberfläche der LNG-Lache um bis zu 50 % unterdrückt werden. Aus Erfahrungen ist bekannt, dass die wirksame Mindestdicke der Schaumschicht bei 0,64 m liegt. Expansionsschaum ist wirksam zur Verringerung der Methankonzentration in Windrichtung bei einer Expansionsrate von 500 : 1 und einer Schaumaufbringungsrate von 10 l/m². Bei der Verwendung von Schaum ist darauf zu achten, dass dieser für kryogene Flüssigkeiten geeignet ist.

Sollten bei begrenzten Bränden tragbare Schaumerzeugungsgeräte zum Einsatz kommen, ist ein Schaum mit einem Verschäumungsverhältnis von 1:150-200 zu verwenden. Es sollte ein Konzentrat vom Typ AR-AFFF verwenden werden. An der BP LNG School durchgeführte Tests haben gezeigt, dass ein AR-AFFF der Klasse 3-3 mit einer Dosierungsrate von 6%, die Verdampfung von LNG verringern kann, wenngleich dies eindeutig nicht so effektiv ist wie Schaum mit einer hohen Ausdehnung von 1:500. [22, S.141] AFFF beruhen auf der Verwendung von per-/polyfluorierten Chemikalien wie PFOS und PFOA. PFOS und deren Derivate wurden 2006 und 2011 durch EU-weite Rechtsnormen reguliert und abschließend für viele Anwendungsbereiche inklusive Feuerwehrlöschschäume verboten. PFOA und deren Derivate dürfen weiterhin in Verkehr gebracht werden und unter anderem in Löschschäumen eingesetzt werden. Dennoch stufte die EU und das Umweltbundesamt PFOA als kritisch ein und wird diese Stoffe voraussichtlich ab 2020 verbieten. Ein grundsätzliches Verbot von fluorhaltigen Schäumen besteht z.Zt. noch nicht. Der Einsatz von AFFF ist weiterhin akzeptabel, wenn Anwendungsentscheidungen z.B. nach dem Leitfaden zur Auswahl von synthetischen Schaummitteln [23] getroffen werden. Auch die NFPA 11 Richtlinie kommt zu dem Schluss, dass bei Bränden von polaren Flüssigkeiten aus Kohlenwasserstoffen und großen Volumina, fluorhaltige Schäume einzusetzen sind. Eine Befragung

verschiedener Werkfeuerwehren ergab, dass nach wie vor eine Doppelbevorratung von fluorhaltigen und fluorfreien Schaummitteln stattfindet. [24] [25]. Entscheidend hierbei ist das Anwendungsgebiet. Szenarien auf Werks- und Betriebsgelände mit Löschwasserrückhaltung müssen im Vergleich zur Anwendung von Löschsäumen öffentlicher Feuerwehren außerhalb dieser Gelände differenziert betrachtet werden.

5.1.3 Löschwasserpumpen / Löschfahrzeuge

Bei der Verwendung von Feuerlöschpumpen muss zwischen fest eingebauten Fahrzeugpumpen und mobilen Pumpen (z.B. Schwimmpumpen, Tauchpumpen, gespeiste Pumpen etc.) unterschieden werden. Bei den fest eingebauten Fahrzeugpumpen wird davon ausgegangen, dass die Löschwasserversorgung über ein geschlossenes Wasserversorgungsnetz keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Pumpe bei der Niederschlagung von LNG-Dämpfen besitzt. Werden die Fahrzeugpumpen im Saugbetrieb aus Wasserquellen i.V. mit ausgetretenem LNG-Brennstoff betrieben, kann dies zu Schäden an der Pumpe führen, da u.a. die Dichtmaterialien im Kontakt mit LNG nicht geeignet sind. Der gleiche Sachverhalt trifft auf mobile Pumpen zu. Auch hier ist jeglicher Kontakt mit LNG bei der Einspeisung der Pumpen zu vermeiden.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass alle vorhandenen Löschwasserpumpen und Löschfahrzeuge bei der Einspeisung von nicht kontaminiertem Löschwasser, für die Gefahrenabwehr gegen LNG-Dämpfe und LNG-Gaswolken geeignet sind.

5.1.4 Mobile Wasserwerfer / Hydroschilde

Die Wanderung einer LNG-Dampf Wolke wird von der Erwärmung des kalten LNG-Dampf durch das Löschwasser beeinflusst. Das Methan des LNG ist leichter als Luft und steigt nach oben. Der Effekt wird durch das wärmere Löschwasser im Kontakt mit dem kalten LNG beschleunigt. Das nicht wasserlösliche Methan gas kann bei kleinen Dampf Wolken durch Wasserschleier und Hydroschilde in der Ausbreitung lediglich behindert werden. [21, S.59]

5.1.5 Gasdetektoren

Die Explosionsgrenzen einer Gaswolke können mit einem geeigneten Gasdetektor festgestellt werden. Es ist ein spezieller Gasdetektor erforderlich, da nicht alle Standardgeräte schnelle und genaue Anzeigen liefern. [21, S. 59] Da LNG in der Gasphase jedoch zum größten Teil aus Methan (90 % CH₄) besteht, sind auf Methan kalibrierte Messgeräte grundsätzlich geeignet.

5.1.6 Hochauflösende Wärmebildkameras

Um beurteilen zu können ob sich LNG in befindlichen Terminals, Behältern oder Tanks in einem unkritisch tiefgekühlten verflüssigten Aggregatzustand befindet, bedarf es der Möglichkeit der Temperaturmessung. Die Hersteller von Wärmebildkameras bieten i.A. Produkte an, deren Temperaturmessbereiche bis minimal zwischen -20°C bis -40 °C reichen. In Abhängigkeit der Isolierung von LNG-Tanks sind an der Außenhaut

Temperaturen zu erwarten, welche mit herkömmlichen Wärmebildkameras nicht zu messen sind. Um für den jeweiligen Tank von außen feststellen zu können ob die vorhandene Temperatur von der Solltemperatur abweicht, sind hierzu geeignete Wärmebildkameras erforderlich.

5.1.7 Rettungsboote

Rettungsboote welche mit kryogenen Flüssigkeiten auf Gewässern in Kontakt kommen können, müssen der DIN 14961 „Boote für die Feuerwehr“ entsprechen. Es wird zwischen RTB 1 (Rettungsboot), RTB 2 (Rettungsboot) und MZB (Mehrzweckboot) unterschieden. Die Werkstoffe für Boote müssen insbesondere bei Schlauchbooten auch bei Einwirkung von Öl und/oder Treibstoff beständig sein. [26]

5.1.8 Feuerlöschboote (FLB)

Ein nicht begrenzter LNG-Lachenbrand auf dem Wasser kann nicht gelöscht werden. Die hohe Wärmestrahlung verhindert, dass die Einsatzkräfte nah genug an das Schiff herankommen um mittel Wasserwerfer eines Löschbootes direkt angrenzende Bereiche zu kühlen. [21, S.62]

Zur Kontrolle der Wärmeexposition und der Gas-/Dampf Wolken sind die vorhandenen Löschboote im Rheingebiet grundsätzlich geeignet. Sie sind mit ausreichenden Wasserwerfern, deren Kapazität und Reichweite ausgestattet, um die Wärmeexposition und die Verminderung der Gas-/Dampfkonzentration zu kontrollieren. [21, S.65]

FLB sind Wasserfahrzeuge der Feuerwehr, die mit Pumpen und anderen Geräten zur Brandbekämpfung zur Abwehr anderer Schadensereignisse ausgerüstet sind. Genormte Typen von FLB gibt es nicht. Sie verfügen in der Regel über großvolumige Feuerlöschkreiselpumpen mit Kapazitäten deutlich über 10 m³/min. Mit leistungsfähigen Schaumwassermonitoren, Schaumzumischanlagen und großen Schaummittelvorräten kann die Brandbekämpfung an Land unterstützt werden – auch durch Wasserförderung. Darüber hinaus ist die so genannte Leckabwehr eine spezielle Technische Hilfeleistung in der Schifffahrt, für die FLB mit Lenzpumpen und Dichtmaterialien ausgestattet sind. [27] Im gesamten System müssen Komponenten verwendet werden, die für kryogene Temperaturen geeignet sind (d. h. Edelstahl, nickelreiche Legierungen, Kupfer, geeignete Dichtungen etc.). [28, S.21]

Im Rahmen des ordnungsgemäßen Umgangs mit LNG am Arbeitsplatz, sind für den Augenschutz eine Schutzbrille gegen Chemikalienspritzer (gasdichte Korbbrille, gemäß EN 166) und Gesichtsschild mit Kinnschutz und für den Haut- und Körperschutz, chemische und kryogene Handschuhe/Stulpenhandschuhe, Stiefel und Schürzen erforderlich. [29, S.9]

5.1.9 Materialausstattung

Bei der Abkühlung von Metallen wird die Struktur verändert. Bei der Abkühlung von z.B. Kohlenstoffstahl, wird dieser weniger plastisch verformbar und spröde. D.h. die

duktiler Eigenschaft ist gering ausgeprägt. Ungünstige duktil/spröde Eigenschaften des Materials können zu Rissen führen.

Ein Spröbruch ist das Versagen durch einen Riss, der sich durch das Material schnell ausbreitet. Ein sprödes Material besitzt einen geringen Widerstand gegen Versagen, wenn die Elastizitätsgrenze erreicht ist. Bei dem Versagen kann eine plötzlich große Energiemenge freigesetzt werden. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass bei der Gefahrenabwehr nur Ausstattungen (Metalle) verwendet werden, welche eine Dehnung unter schnellem Anstieg örtlicher Spannungen erlauben. Geeignete Metalle sind z.B. Edelstahl, Aluminium, Messing, Kupfer etc.. Diese Metalle besitzen keinen duktil/spröden Übergang und verhalten sich auch bei tiefen Temperaturen duktil. Für Spröbruch anfällige Materialien besitzen eine jeweilige duktil/spröde Übergangstemperatur (DSÜT). Im Englischen wird der Ausdruck ductile/brittle transition temperature (DBTT) verwendet. Die DBTT ist jene Temperatur, unterhalb der die Kerbschlagzähigkeit einen sehr steilen Abfall aufweist und das Material ohne plastische Verformung, d. h. ohne wesentliches Dehnen oder Fließen versagt. Die Beziehung zwischen Duktilität und Temperatur ist für einen typischen Kohlenstoffstahl

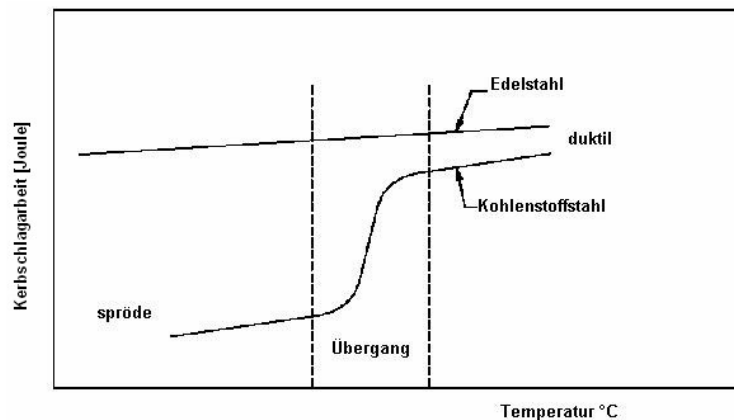


ABB.: 6; Beziehung zwischen Kerbschlagarbeit u. Temperatur für Kohlenstoffstahl u. austenitischem Stahl; Quelle: [28, S.9]

in ABB.: 6 dargestellt. Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt zeigt eine Verminderung der Schlagarbeit bei abnehmender Temperatur. Gewöhnliche Konstruktionswerkstoffe wie Kohlenstoffstahl und niedriglegierte Stähle sind demnach für Tieftemperatur-Anlagen nicht geeignet. [28, S.5 ff]

5.2 Taktik der Feuerwehren

5.2.1 LNG-Austritt, nicht entzündet

LNG ist farb- und geruchlos, nicht toxisch und nicht karzinogen. Auslaufendes LNG verdampft unter Umgebungsbedingungen sehr schnell und ist nicht wassergefährdend. LNG ist ohne Sauerstoffzufuhr nicht brennbar. In die Gasphase übergehendes LNG ist wie Erdgas in einem engen Grenzbereich bei einer Konzentration von etwa 5 Vol.-% bis 15 Vol.-% in Luft bei Vorhandensein einer Zündquelle explosionsfähig. Der Dampf sinkt zunächst zu Boden und verflüchtigt sich dann sehr schnell. Methan ist leichter als Luft und kann in oberen Raumbereichen explosionsfähige Gemische bilden (z.B. Raumdecke). Aufgrund der Sauerstoffverdrängung besteht Erstickungsgefahr. Ein Einatmen der kalten LNG Dämpfe kann zu Vereisungen an der Lunge führen.

Bei langer Lagerung in einem Tank verdampft LNG. Zur Druckentlastung müssen die Gase abdampfen; hierzu dienen die Überdruckventile. Neben Dampfaustritten über die Druckentlastungsventile können LNG-Dämpfe aufgrund von technischen Störungen und Unfällen über Leckagen, flüssig und gasförmig austreten. Die Verdampfung eines nicht entzündeten LNG-Austritts kann mit einem Hochexpansionsschaum reduziert werden. Die Anwendung von Hochexpansionsschaum ist für den Außenangriff außerhalb von begrenzten Anlagen für Feuerwehren nicht geeignet. Eine weitere Möglichkeit die Ausbreitung einer LNG-Dampf Wolke zu behindern, ist die Verwendung von Wasservorhängen. [22, S.131]

5.2.2 LNG-Brände

Es ist nicht möglich große Pool- oder Lachenbrände zu löschen, bevor nicht die LNG-Zufuhr unterbrochen wird. LNG-Brände werden sehr heiß und besitzen eine hohe Wärmestrahlung. Sie brennen um ein Vielfaches heißer als das Feuer herkömmlicher Öle. Bei einem begrenzten LNG-Lachenbrand (z.B. in einem Tankwall; Brandfläche < 10 m²), ist das Löschen mit Pulverlöschern der Klasse BC oder dem Einsatz von Hochexpansionsschaum möglich. Bei dem ersten Aufbringen des Schaums nimmt das Feuer zunächst an Intensität zu, bevor eine Verminderung eintritt. Der Einsatz von Hochexpansionsschaum reduziert die LNG-Verdampfung und die Intensität der Strahlungswärme. Schäume mit geringer Ausdehnung (Mittel- und Schwertschaum) und einem hohen Wasseranteil verstärken aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen LNG und Löschwasser, eine Verdampfung und die Bildung von zündfähigen Dämpfen. Bei unbegrenzten Lachenbränden mit großem LNG-Austritt brennt das Feuer weiter, bis der Lachenbrand allen Brennstoff aufgebraucht hat. [21, S.35] Die nachfolgende Tabelle 3 verdeutlicht die Wärmestrahlung von LNG bei begrenzten Lachenbränden auf einem Schiff oder an Land, im Vergleich mit anderen Brennstoffen. [21, S.62] Die einzuhaltenen Wärmestrahlungsgrenzwerte für verschiedene Objekte sind in der DIN EN 1473 Anhang A beschrieben.

Tabelle 3; Gegenüberstellung der Abbrandraten verschiedener Brenn-/Treibstoffe; Quelle: [21, S.62]

	Abbrandrate		Dichte kg/m ³	Wärme MJ/kg	Strahlung KW/m ²
	mm/Minute	kg/m ² /s			
LNG*	14	0,11	430 - 470	50,2	220
LPG	13	0,13	585	43,4	140
Benzin	5	0.055	740	-	-
Kerosin	3	0,06	790	-	-
Heizöl	2	0,05	900	-	-

Bei größeren Flächen ist das Schützen umliegender Bereiche zu priorisieren. [22, S.132-133] Beim Löschen mit stationären und mobilen Pulverlöschern ist die Gefahr der Ausbreitung explosionsfähiger Dämpfe zu berücksichtigen. [22, S.148]

Die LNG-Industrie bekämpft Schadensfälle mit LNG (z.B. LNG-Terminals, Bunkerschiffe) mit vordimensionierten fest installierten Schaumwerfern. Von der Verwendung tragbarer Schaumerzeugungsgeräte wird abgeraten, da der Einsatz nur in der Nähe des Schadensereignisses stattfinden kann. Eine zu hohe Wärmestrahlung verhindert jedoch einen solchen Einsatz. [22, S.140]

5.2.3 Gefahrenzone

Zu den Entfernungen gibt es in unterschiedlichen Ländern, vergleichbare Angaben. Die Gefahrenzone ist z.B. nach dem Österreichischen Bundes Feuerwehr Verband auf mindestens 30 bis 60 m festgelegt. Er beträgt mehrere 100 m bis zu 1000 m beim Austritt großer Gasmengen unter hohem Druck oder bei direkter Beflammung von kryogenen Flüssigkeiten in oberirdischen Speicherbehältern. [30] Nach den Beschreibungen in LNG Fire Protection & Emergency Response, wird zur Strategie der Brandbekämpfung von Straßentankfahrzeugen eine Evakuierung in einer Entfernung von bis zu 1 Meile empfohlen. [22, S.163] Nach der FwDV 500 ist bei unklarer Lage ein Sicherheitsabstand von mindestens 50 m zum gemeldeten Objekt einzuhalten. [31, S.25] Der Absperrbereich ist auf mindestens 100 m festzulegen. Bei bestehender Explosions- oder Zerkrallgefahr, ist der Gefahrenbereich vom Gefahrenobjekt bei ausreichender Deckung auf mindestens 300 m und der Absperrbereich auf 1 000 m zu erweitern. [31, S.28-29; S.71]

5.2.4 Allgemeine Maßnahmen

Bei jedem Einsatz ist die Gefahrenzone festzulegen und abzusperren. Grundsätzlich gilt für Erstmaßnahmen die GAMS-Regel nach FwDV 500 [31, S.26] Bei sämtlichen Maßnahmen ist die Ausströmrichtung und die Windrichtung zu beachten. Es sind ständige Messungen der Gaskonzentrationen durchzuführen (Ex/Ox – Messgeräte). Zum Schutz der Einsatzkräfte ist die persönliche Schutzausrüstung bzw. Kälteschutz, zu tragen. Soweit möglich, ist die Gasabspernung durchzuführen (Behälter- oder Tankventile schließen). Es soll nur das erforderliche Minimum an Einsatzkräften in der Gefahrenzone eingesetzt werden. Gefährdete Personen sind aus der Gefahrenzone zu bringen. Sämtliche Zündquellen sind in der Gefahrenzone zu beseitigen. Um Sekundärbrände zu löschen ist der Brandschutz aufzubauen (Wasser, Schaum, Löschpulver). Das ausgetretene Gas ist durch Hydroschilde oder Wassersprühstrahl an der Ausbreitung zu hindern. Es ist äußerste Vorsicht geboten da eine in Brand geratene Stichflamme mehrere Meter betragen kann. Bei einem Umgebungsbrand eines LNG-Behälters besteht die Gefahr der Erwärmung und Drucksteigerung. Bei Erreichung des max. Betriebsdruckes kann tiefkaltes Gas über die Sicherheitsventile ausströmen. Durch den Austritt kann eine zündfähige Atmosphäre entstehen. Aus gesicherter Deckung sind umfangreiche Kühlmaßnahmen (Sprühstrahl, Hydroschild) durchzuführen. [30, S.20] Um zu verhindern, dass LNG sowohl in der Flüssig- als auch in der Gasphase in das Abwassersystem oder in Versorgungsschächte gelangt, müssen die betroffenen Kanaleinläufe und Schächte in der Umgebung verschlossen werden. Die im Allgemeinen verwendeten Gullieier der Feuerwehren sind für tiefkalte kryogene Flüssigkeiten nicht geeignet. Anfragen bei Herstellern führten zu keinen Ergebnissen.

LNG-Lagertanks sind nicht mit der Druckspeicherung von LPG zu vergleichen. LNG-Lagertanks besitzen nicht das BLEVE-Risiko. LNG wird normalerweise bei niedrigem Druck in gut isolierten oder vakuumummantelten Tanks gelagert. In beiden Fällen besitzt der Sicherheitsbehälter eine Doppelwand mit einer Isolierung zwischen den Wänden. Während eines Brandes verhindert die Außenhülle das Auftreffen von Flammen und die Isolierung verhindert, dass das LNG zu schnell verdampft. Selbst bei

Verlust der Isolierung verhindern die kalten LNG-Dämpfe, dass die Temperatur des Innentanks bis zu einem Punkt ansteigt an dem die Fließspannung des Tanks überschritten wird. [22, S.23]

5.2.5 Persönliche-Schutz-Ausrüstung (PSA)

Die Persönliche-Schutz-Ausrüstung (PSA) schützt lediglich vor kurzzeitigem Spritzschutz und nicht vor längerem Kontakt mit LNG. [22, S.36] In einem Versuch wurde verdeutlicht, dass der intensive Kontakt mit LNG zur sofortigen Versprödung von PSA und Gerät führte. Ein Feuerwehrstiefel mit Stahlkappe und ein Strahlrohr wurden aus einer LNG-Grube entnommen und zerfielen durch geringen Hammerschlag in ihre Bestandteile. [22, S.58-59]

Um die Einsatzkräfte der Feuerwehr vor Atemgiften in Form von LNG-Dämpfen und direkten Kontakt im Gesicht zu schützen, ist es erforderlich ein Atemschutzgerät und eine Flammschutzhaube zur Abdeckung freier Stellen im Hals/Kopf-Bereich zu tragen. Aufgrund der Wärmestrahlung können Einsatzkräfte in Bereichen von LNG-Bränden bis $6,3 \text{ kW/m}^2$, zu Abwehrmaßnahmen vordringen. Bei vollständig feuerbeständiger PSA (Bunkerausrüstung) gilt eine maximale Aufenthaltsdauer von 1 Minute. Bei Personen ohne PSA, welche einer Wärmestrahlung bis $6,3 \text{ kW/m}^2$ ausgesetzt sind, geht man von sofortigen Verbrennungen 2. Grades und von Verbrennungen 3. Grades innerhalb von Minuten aus. [21, S.70] Für die Persönliche Schutzausrüstung ist u.a. die PSA-Richtlinie (Richtlinie 89/686/EWG) in Übereinstimmung mit den Normen des Europäischen Komitees für Normung (CEN) zu beachten. [29, S.9]

Nach dem Sicherheitsdatenblatt von Shell LNG 3 Stoffen ist für die Brandbekämpfung ein Vollschutzanzug und ein umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät erforderlich. [29, S.4] Chemikalienschutzanzüge sind in der Regel nur unzureichend gegen tiefe Temperaturen (verflüssigte Gase) beständig. Anzüge können brechen, schmelzen oder an Beständigkeit verlieren. Wegen der Temperaturempfindlichkeit der CSA hat der Einsatzleiter über den Einsatz der Form 3 in solchen Fällen gesondert zu entscheiden. [31, S.20] Das US Bureau of Mines hat umluftunabhängige Atemschutzgeräte für den Betrieb bei -32 °C getestet. Es wurde festgestellt, dass sich die Regelmembran unter dieser Betriebstemperatur häufig versteift, was zu einem unregelmäßigen Luftstrom und einem hohen Inhalationswiderstand führen kann. Die Ausatemventile für Gesichtsmasken gefroren nachdem die Ausatemventile durch Feuchtigkeit kondensierten. Die Feuchtigkeit kondensiert auch einen Beschlag der Gesichtsmasken, obwohl die Verwendung einer Nasenmuschel diese Tendenz verringerte. Kabelbäume, Gurte und Verbindungen aus festem Kunststoff oder ähnlichen Materialien wurden im kalten Zustand steif und unhandlich. Nylongewebe taten dies jedoch nicht. [22, S.166]

Aus den v.g. Gründen darf der Aufenthalt von Rettungskräften unter Atemschutz nur kurzfristig zur Menschenrettung oder ggfl. zur kurzfristigen Gefahrenabwehr wie z.B. Abschiebern, erfolgen. Das Tragen von Atemschutzgeräten innerhalb oder in der Nähe einer LNG-Dampf Wolke wird aufgrund der Zündgefahr nicht empfohlen. Zur Anwendung von Atemschutzgeräten im Bereich kryogener Flüssigkeiten wird empfohlen, Gesichtsmasken mit Nasenmuscheln zu tragen. Es soll weiterhin

vermieden werden die Geräte bei niedrigen Temperaturen zu lagern oder vorzukühlen. Möglicherweise müssen die Ventilpackungen und die Gewindeanschlüsse zusätzlich angezogen werden um Hochdrucklecks zu verhindern. Die Ventilpackungen und Gewindeanschlüsse dürfen nicht zu fest angezogen werden. Dies vermeidet Schäden, wenn das Gerät wieder auf Raumtemperatur gebracht wird. Die Ausatemventile müssen abgetrocknet werden, bevor sie niedrigen Temperaturen ausgesetzt werden, damit sie nicht einfrieren. [22, S.167]

6 Fazit

Auf die Frage hin ob die Ausstattung der Feuerwehren neu angepasst werden muss, wurden zunächst die Eigenschaften und Gefahren die von LNG ausgehen, analysiert. Um LNG nicht solitär sondern im Kontext mit anderen kryogenen Flüssigkeiten und Brennstoffen einzuordnen, erfolgt ein Vergleich. Als weitere kryogene Flüssigkeiten kommen z.B. Argon (Ar), Distickstoffoxid (N_2O), Helium (He), Kohlendioxid (CO_2), Sauerstoff (O_2), Stickstoff (O_2) und Wasserstoff (H) vor. Hinsichtlich der Gefährdung durch Wasserstoff hat sich die AGBF positioniert [32]. Da LNG zu über 90% aus Methan besteht, ist der Vergleich mit Wasserstoff angebracht. Da Wasserstoff einen wesentlich höheren Explosionsbereich in Luft (4-73 Vol %) im Vergleich zu Methan (5-14 Vol %) besitzt und die maximale Flammgeschwindigkeit von Wasserstoff (346 cm/s) im Vergleich zu Methan (43 cm/s) wesentlich höher ist und Wasserstoff im verflüssigten Zustand (ab -253 °C) im Vergleich zu LNG/Methan (-162 °C) wesentlich kälter ist, geht im Vergleich, von LNG insgesamt eine geringere Gefahr aus.

Maßnahmen der Gefahrenabwehr sind in [32] [33] [34] beschrieben. LPG (Liquefied Petroleum Gas) wird bei 20 °C im flüssigen Zustand bei einem Tankdruck von 6-8 bar gelagert. Als brennbares Gas ist es schwerer als Luft und besitzt einen Explosionsbereich von 1,5-15 Vol %. Im Vergleich zu LNG, besitzt LPG einen größeren Explosionsbereich und verhält sich als Gas aufgrund der Schwere ungünstiger. CNG (Compressed Natural Gas) wird als Gas bei einem Tankdruck von 200-250 bar verdichtet. Als brennbares Gas ist es leichter als Luft und besitzt einen Explosionsbereich von 4,1-16,5 Vol %, vergleichbar mit LNG. Aufgrund des höheren Tankdrucks von CNG, geht im Vergleich, von LNG keine höhere Gefahr aus.

Die Verwendung und Präsenz von Brennstoffen wie Wasserstoff, LPG und CNG gehört in Deutschland schon seit vielen Jahren in vielen Bereichen zum Alltag. Erfahrungen im Umgang mit diesen Brennstoffen haben Einfluss auf die Einsatztaktiken der Feuerwehren genommen, ohne individuell Stoff bezogene Ausstattungen für eine flächendeckende Normvorhaltung auf den Fahrzeugen zu generieren. Dies ist nach Auffassung des Autors auch sinnvoll da LNG als Brennstoff im Vergleich zu anderen Stoffen, nicht grundsätzlich als gefährlicher eingestuft werden kann. Bei der Beurteilung der Gefahr muss jedoch die Größe der Anlage berücksichtigt werden. Es muss zwischen Anlagen in und außerhalb des Geltungsbereichs der Störfallverordnung differenziert werden. In Abhängigkeit der Größe der Anlage kann eine Gefährdungsbeurteilung auch zur Notwendigkeit einer verpflichteten Werkfeuerwehr führen. Dieser Fall verdeutlicht die Möglichkeiten der Gefahrenabwehr einer Werkfeuerwehr i.V. mit den Maßgaben des vorbeugenden Brandschutzes in Form von geeigneten Brandfrüherkennungs- und Brandbekämpfungsanlagen und einer schnellst möglichen Eingreifzeit.

Im Gegensatz hierzu, unterliegen LNG betriebene oder befördernde Transportmittel nicht den Bedingungen eines stationären Betriebes. Mögliche Havarien, stellt die öffentlichen Feuerwehren mit ihren Mitteln der Gefahrenabwehr vor Grenzen. Im Rahmen des Verursacherprinzips des Zustandsstörers müssen die Betriebe, welche mit LNG-Brennstoffen handeln, geeignete Mittel und Geräte in der erforderlichen Zeit

bereitstellen. Die kommunalen Haushalte können hierfür keine flächendeckend erforderlichen Materialien und Gerätschaften vorhalten.

Unabhängig von der momentanen Präsenz von LNG Brennstoffen in Deutschland, existiert eine Vielzahl von Gefahrstoffen, welche tagtäglich gelagert und transportiert werden. Es ist nicht möglich und sinnvoll, individuelle Geräte und Materialien für den jeweiligen Stoff, insbesondere für öffentliche Feuerwehren vorzuhalten. Neben den Grenzen der zulässigen Fahrzeugbeladung sind auch fiskalische Aspekte einer flächendeckenden Normvorhaltung von Geräten und Materialien, wesentliche Gründe um LNG nicht als Ausnahme zu bewerten. Um den Gefahren und Risiken an der Einsatzstelle zu begegnen, sind die Inhalte der FwDV 500 zu beachten. Darüber hinaus ist es wie in vielen anderen Bereichen der technischen Neuerungen und zusätzlichen Gefahren notwendig, intensive Ausbildung zu betreiben um die Kräfte der Feuerwehren über die Gefahren und Grenzen der Gefahrenabwehr zu informieren. Die Aufgabenstellung und die Einzelstoffbetrachtung zeigen einmal mehr, wie anspruchsvoll und umfangreich Ausbildung für Feuerwehren betrieben werden muss, um den Anforderungen des Berufsbildes gerecht zu werden.

Literaturverzeichnis

- [1] [https://de.wikipedia.org/wiki/Kryogen_\(Technik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kryogen_(Technik)); Abruf: 10.10.2019.
- [2] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Technisch-wissenschaftlicher Verein, Zukunft LNG Flüssiges Erdgas als sauberer Kraftstoff für schwere Lkw und Flottenfahrzeuge, Bonn, o.J..
- [3] Germanischer Lloyd, Abschlußbericht BunGas (gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) Bunkering Gas as Fuel für Ships, Abteilung MCADE343, Version 1, Hamburg, 15.08.2014.
- [4] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Technisch-wissenschaftlicher Verein, Genehmigungsleitfaden für LNG / LCNG-Tankstellen Technische, sicherheitsrelevante und genehmigungsrechtliche Grundlagen, Bonn, o.J..
- [5] Shell Deutschland Oil GmbH: Erdgas. Eine Brückentechnologie für die Mobilität der Zukunft? Hamburg, 2013.
- [6] AIR-LNG GmbH, Vladimir Puklavec, Schlussbericht BMWi Luftfahrtforschungsprogramm IV-3, Verbundprojekt: Spezifizierungsmöglichkeiten für LNG in der Luftfahrt, FKZ:20Y0904E, Bonn, 27.06.2013.
- [7] GLOBAL GAS & OIL NETWORK, Global Fossil Infrastructure Tracker (GFIT), <http://ggon.org/fossil-tracker/>, Aufruf: 21.10.2019.
- [8] IGU INTERNATIONAL GAS UNION, WORLD ENERGY REPORT, Barcelona, 2019, <https://www.igu.org/publication/302385/31>, Abruf: 22.10.2019.
- [9] <https://germanlng.com/de/fakten-ueber-lng/>; German LNG Terminal 2018; Aufruf: 05.10.2019.
- [10] Bundesrat, Drucksache 138/19 (Beschluss), Verordnung zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Aufbau der LNG-Infrastruktur in Deutschland, 07.06.2019.
- [11] Bundesrat, Drucksache 138/19, Verordnung zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Aufbau der LNG-Infrastruktur in Deutschland, 27.03.2019.
- [12] Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML, Bedarfsanalyse LNG in Brunsbüttel, Dipl.-Ing. Ralf Fiedler et.al., Hamburg, September 2015.
- [13] <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/konventionelle-energietraeger.html>; Aufruf: 01.10.2019; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Artikel - Konventionelle Energieträger, Derzeit unverzichtbar für eine verlässliche Energieversorgung.

[14] BGBl. Teil I Nr. 57, ausgegeben am 06.12.2016, Seite 2749; Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 2012/18/EU zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates.

[15] BGBl. Teil I Nr. 3, ausgegeben am 13.01.2017, Seite 47; Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates.

[16] Deutsche Umwelthilfe e.V., Bundesgeschäftsstelle Berlin, Dr. Cornelia Ziehm, Zur Frage der störfallrechtlichen Zulässigkeit eines Terminals zur Lagerung und Regasifizierung von Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas = LNG) in Brunsbüttel, Berlin, 15. April 2019.

[17] Deutscher Bundestag, Drucksache 19/8690, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Bernd Reuther, Frank Sitta, Oliver Luksic, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/8215 –, LNG/CNG-Tankstellen in der Bundesrepublik Deutschland, 22.03.2019.

[18] Patrick Krähenbühl, U-Risk GmbH, LNG-ANLAGEN–RISIKOANALYSE, Fachartikel, AQUA & GAS No 7/8, o.O., 2018.

[19] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Mobilität der Zukunft, 5. Ausschreibung Herbst 2014, Fahrzeugtechnologien Ergebnisbericht Liquid – Identifizierung des Marktpotentials von Liquefied Natural Gas in Österreich, Wien, 11/2016.

[20] Österreichischer Bundes Feuerwehr Verband, Info E-20, Information Einsatz mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen und deren Peripherie, Wien, 2019.

[21] Trans-European Transport Network (TEN-T), Rahmenplans Flüssigerdgas für Rhein-Main-Donau, Nachgeordnete Maßnahme 2.4 Technische Erkenntnisse, Sicherheit und Risikobewertung, Ergebnis 2.4.4 Studie zu Not- und Unfall-Einsätzen (Havenbedrijf Rotterdam N.V.), Version: 1.0, Rotterdam, April 2015.

[22] BP, LNG Fire Protection & Emergency Response, First Edition, o.O., April 2006.

[23] Hessisches Ministerium des Innern und für Sport, Leitfaden „Auswahl von Schaummitteln“, o.O., o.J., <https://innen.hessen.de/sites/default/files/media/hmdis/schaummittel-auswahleitfaden.pdf>, Abruf: 02.11.2019.

[24] Dr. Robert F. H. Walter, Auswahl von Schaummitteln bei Werkfeuerwehren der chemischen Industrie, Facharbeit im Rahmen der Ausbildung für das zweite Einstiegsamt der Laufbahngruppe 2 des höheren feuerwehrtechnischen Dienstes, Berlin, 2018.

- [25] National Fire Protection Association, NFPA 11: Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam., NFPA 11. 2016.
- [26] FUK, Arbeitsgemeinschaft der Feuerwehr-Unfallkassen, Boote für die Feuerwehr, o.O., o.J.,
https://www.fuk.de/fileadmin/user_upload/fuk/service/downloads/interschutz2015/Feuerwehrboote.pdf, Abruf: 18.10.2019.
- [27] Feuerwehr-Magazin, Boote für die Feuerwehr, Sven Buchenau, o.O.,1/2019,
<https://www.pressreader.com/germany/feuerwehr-magazin/20181221/283729840380159>, Abruf: 18.10.2019.
- [28] INDUSTRIEGASEVERBAND e.V., Lennart Fredriksson et.al., Kryogene Verdampfer-Systeme – Verhütung des Sprödbruchs von Ausrüstungen und Rohrleitungen, IGC Doc. 133 / 05 / D, Köln, o.J..
- [29] Verordnung (EG) Nummer 1907/2006 (REACH-Verordnung), Sicherheitsdatenblatt Shell LNG 3, Version 1.4, o.O., 12.04.2016.
- [30] Österreichischer Bundes Feuerwehr Verband, Info E-21, Tiefgekühlt verflüssigte Gase, Wien, 2012.
- [31] Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV), Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 500 „Einheiten im ABC – Einsatz, Lübeck, 2012.
- [32] AGBF -Bund- AK/G, Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland, -Arbeitskreis Grundsatzfragen-, Wasserstoff und dessen Gefahren, Ein Leitfahren für Feuerwehren, Köln, Oktober 2008.
- [33] Branddirektion Frankfurt am Main, Aus- und Fortbildung, Gefährliche Stoffe und Güter, Frankfurt, Februar 2003.
- [34] vfdb, Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., Merkblatt Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Flüssiggas, Altenberge, Juli 2007.
- [35] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bleve_explosion.svg; Abruf: 12.11.2019.
- [36] EN 1473:2007 Installation and equipment for liquefied natural gas – design of onshore Installations.
- [37] DIN EN ISO 16903 – Eigenschaften von Flüssigerdgas mit Einfluss auf die Auslegung und die Materialauswahl, o.J..
- [38] DVGW et al. 2016: Potenzialanalyse LNG – Einsatz von LNG in der Mobilität, Schwerpunkte und Handlungsempfehlungen für die technische Umsetzung, Essen u. a. O., 2016.

[39] EN 1160:1996 Installations and equipment for liquefied natural gas – General characteristics of liquefied natural gas.

[40] EN 13645:2001 Installations and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity of between 5 t and 200 t.

[41] ISO/DIS 16924, Natural gas fuelling stations – LNG stations for fuelling vehicles (Design, construction and operation of stations for fuelling CNG/LNG to vehicles; including equipment, safety devices and maintenance), Entwurf 10/2016.

Symbolverzeichnis

Formelzeichen

p	bar	Atmosphärischer Druck
T	°C	Temperatur

Abkürzungen

Bleve	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CNG	Compressed Natural Gas
CSA	Chemikalienschutzanzug
DSÜT	Duktil / spröde Übergangstemperatur
DBTT	Ductile / brittle transit temperature
FLB	Feuerlöschboot
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
LNG	Liquefied Natural Gas
LOPA	Layer of protection analysis
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MZB	Mehrzweckboot
NFPA	National Fire Protection Association
RPT	Rapid Phase Transition
PSA	Persönliche-Schutz-Ausrüstung
RTB	Rettungsboot
TEN-V	Trans European Transport Network

Abbildungsverzeichnis

ABB.: 1; Verlauf von Temperatur und Druck von LNG im Vergleich zu CNG, LPG und Wasserstoff; Quelle: [5]	2
ABB.: 2; Transport und Lagerung von LNG [9].....	4
ABB.: 3; Test mit LNG Austritt. Quelle: Northeast Gas Association 2014. [19, S.50] ..	9
ABB.: 4; BLEVE; Quelle: [35]	10
ABB.: 5; Sloshing. Quelle: Woodward und Pitblado 2010. [19, S.52]	11
ABB.: 6; Beziehung zwischen Kerbschlagarbeit u. Temperatur für Kohlenstoffstahl u. austenitischem Stahl; Quelle: [28, S.9].....	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1; Globale Infrastruktur der LNG-Terminals, Quelle: [7].....	4
Tabelle 2; Entwicklung von LNG / CNG-Tankstellen pro Jahr; Quelle: [17, S.2]	8
Tabelle 3; Gegenüberstellung der Abbrandraten verschiedener Brenn-/Treibstoffe; Quelle: [21, S.62].....	18

Anhang 1, Pressemeldungen International

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/191430/us-lng-port-arthur-erhaelt-ausfuhrgenehmigung> Aufruf: 20.10.2019

Verflüssigtes Erdgas, US-LNG: Port Arthur erhält Ausfuhrgenehmigung, **07.05.2019** - 13:21

Houston/Warschau (energate) - Das US-Energieministerium hat den Export von verflüssigtem Erdgas (LNG) über das geplante Terminal Port Arthur in Texas genehmigt. Die Genehmigung betrifft Ausfuhren in Staaten, mit denen die USA kein Freihandelsabkommen (FTA) geschlossen haben. Das teilte die Infrastrukturgesellschaft Sempra Energy mit, die über ihre Tochter Port Arthur LNG den Bau des Terminals plant. Die entsprechenden Dokumente wurden während der transatlantischen LNG-Konferenz in Brüssel unterzeichnet (energate berichtete). "Port Arthur LNG ist eines von fünf LNG-Export-Projekten, die Sempra Energy entwickelt", sagte Carlos Ruiz Sacristan, der bei Sempra den Infrastrukturausbau in Nordamerika verantwortet. Das Terminal werde dazu beitragen, die USA zum weltweit größten Exporteur von LNG zu machen. Insgesamt beabsichtigt Sempra den Aufbau von Exportkapazitäten im Umfang von 45 Mio. Tonnen LNG im Jahr.

Port Arthur ist mit einer jährlichen Kapazität von 13,5 Mio. Tonnen LNG (rund 19,7 Mrd. Kubikmeter Erdgas) geplant. Diese Mengen können mit der neuen Genehmigung komplett in Nicht-FTA-Staaten geliefert werden. Als erster Abnehmer hat sich im Jahr 2018 der polnische Gaskonzern PGNiG über 20 Jahre eine Jahresmenge von zwei Mio. Tonnen LNG gesichert. Die Lieferungen sollen im Jahr 2023 starten, wenn das Terminal fertig gebaut ist. Die endgültige Investitionsentscheidung ist aber noch nicht getroffen. Sie hängt unter anderem davon ab, dass sich weitere Unternehmen verpflichten, LNG abzunehmen, heißt es von Sempra. /tc

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/193147/titan-lng-mit-rekordbetankung> Aufruf: 20.10.2019

LNG-Treibstoff, Titan LNG mit Rekordbetankung, **12.07.2019** - 14:59

Amsterdam (energate) - Der niederländische LNG-Lieferant Titan LNG hat in Singapur die bislang größte Bebungung mit verflüssigtem Erdgas (LNG) abgeschlossen. Rund 3.000 Tonnen des gekühlten Treibstoffs hat das Unternehmen in die Tanks des achtbeinigen Schwimmkrans "Sleipnir" des niederländischen Offshore-Dienstleisters Heerema gepumpt. Die Versorgung fand ship-to-ship vor der Küste von Singapur statt, teilte Titan mit. Das LNG stellte der örtliche Lieferant Pavilion Gas über das SLNG-Terminal zur Verfügung. Die neugebaute "Sleipnir" ist das weltweit größte Halbtaucherkransschiff und zugleich das erste Montageschiff, das mit LNG angetrieben wird. Die Energieversorgung erfolgt über zwölf 8-MW-Motoren, die im Dualbetrieb mit LNG oder schwefelarmem Marine-Gasöl (MGO) laufen. Die

Jungfernfahrt führt "Sleipnir" nach Südspanien, wo das Schiff für Konstruktionsarbeiten im Mittelmeer vorbereitet wird. /tc

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/193378/regulierung-verhindert-auslastung-von-lng-terminals> Aufruf: 18.10.2019

Gasbinnenmarkt, Regulierung verhindert Auslastung von LNG-Terminals, **25.07.2019** - 10:24

Brüssel (energate) - Der Rat der europäischen Energieregulierer (CEER) rät zu mehr Abstimmung der nationalen Energieregulierungsbehörden bei den Zugangstarifen zu LNG-Terminals. Das ist einer neuen, 49-seitigen Studie zu entnehmen, die die Gas-Arbeitsgruppe des europäischen Rats der Regulierungsbehörden CEER verfasst hat. Viele der 28 LNG-Terminals in der EU seien unterausgelastet und die Regasifizierungskapazitäten höher als die Nachfrage, heißt es darin. Einige LNG-Terminals könnten nur durch hohe verordnete Tarife am Leben erhalten werden, verlören dadurch aber gegenüber anderen Terminals in anderen EU-Ländern an Wettbewerbsfähigkeit. Sie zu schließen, würde das Funktionieren des Gasbinnenmarktes, das heißt die Diversifizierung der Gasbezugsquellen und die Reduzierung der Marktkonzentration beeinträchtigen.

Damit wenig ausgelastete LNG-Terminals künftig am Markt teilnehmen können, müssten ihre Betreiber neue Geschäftsmodelle im Servicebereich entwickeln oder ihre Zugangstarife reduzieren. Allerdings würden die Zugangstarife zu den LNG-Terminals nicht von allen Regulatoren vorgeschrieben. Entsprechend seien diese nicht verpflichtet, ihre Tarife und Verträge zu veröffentlichen. Das wiederum würde einem "Level Playing Field" zwischen den LNG-Terminals im Wege stehen. Zu erwägen sei eine Kostenzuteilung des LNG-Betriebs auf alle Nutzer des Gasinfrastruktursystems (also auch Pipelinenutzer). In illiquiden Märkten - zum Beispiel in Litauen - würden die LNG-Terminals für Versorgungssicherheit, Marktintegration und Wettbewerb sorgen. Zurzeit sind 29 LNG-Regasifizierungsanlagen in der EU in Betrieb. /rl.

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/194693/pgnig-verkauft-us-lng-in-die-ukraine> Aufruf: 18.10.2019

Verflüssigtes Erdgas, PGNiG verkauft US-LNG in die Ukraine, **30.08.2019** - 11:59

Warschau (energate) - Der staatliche polnische Gaskonzern PGNiG hat eine erste Ladung von verflüssigtem Erdgas (LNG) aus den USA in die Ukraine weiterverkauft. Die Lieferung soll im November das polnische Importterminal "Lech Kaczynski" in Swinemünde erreichen, teilte PGNiG mit. Das LNG werde dann regasifiziert, ins Fernleitungsnetz eingespeist und über den polnisch-tschechischen Grenzübergangspunkt Hermanowice in Richtung Ukraine transportiert. Bis Ende des Jahres seien die Lieferungen abgeschlossen, heißt es aus Warschau. Abnehmer ist der Projektentwickler Energy Resources of Ukraine (ERU). Das Unternehmen will die

Gasmengen einspeichern und für die Versorgung im "unsicheren und besonders risikoreichen Winter 2019/20" bereithalten, so ERU-Handelsdirektor Yaroslav Mudryy. Ende 2019 laufen die bestehenden Transitverträge zwischen Russland und der Ukraine aus. Das kostet das Land Einnahmen und könnte auch die Gasbeschaffung der Ukraine im Westen erschweren, sollte der Markt aufgrund geringerer Gaslieferungen aus Russland enger werden.

Im Augenblick stelle die Pipelinekapazität die einzige Begrenzung von polnischen Gasexporten in die Ukraine dar, sagte PGNiG-Präsident Piotr Wozniak. Seine Leitungskapazitäten werde Polen bis "spätestens 2021" ausbauen. Bei den LNG-Einfuhren habe das Land eine dynamische Entwicklung gezeigt, so Wozniak weiter. Machten die Importe von verflüssigtem Erdgas im Jahr 2016 noch 8,5 Prozent der Gesamteinfuhren aus, waren es im Jahr 2018 bereits mehr als 20 Prozent. 70 Ladungen mit einer Gesamtmenge von 7,5 Mrd. Kubikmetern hätten das Terminal in Swinemünde bereits erreicht. Auch der Anteil der US-amerikanischen Importe sei dabei gestiegen. Nach der ersten Spotlieferung aus den Vereinigten Staaten im Jahr 2018, hätten in diesem Jahr bis Ende August bereits sechs Tanker in Swinemünde festgemacht. /tc.

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/194808/erstes-lng-verlaesst-freeport-terminal-in-texas> Aufruf: 18.10.2019

US-LNG; Erstes LNG verlässt Freeport-Terminal in Texas, **04.09.2019** - 15:48

Houston (energate) - Der erste Tanker für verflüssigtes Erdgas (LNG) hat am 3. September das US-amerikanische Exportterminal Freeport in Texas verlassen. Die "LNG Jurojin" habe rund 150.000 Kubikmeter aufgenommen, teilte der Terminalbetreiber Freeport LNG mit. Der Tanker befindet sich derzeit laut Internet-Trackingdaten von "VesselFinder" auf dem Weg nach Jebel Ali in den Vereinigten Arabischen Emiraten. Die erste Frachtladung sei ein wichtiger Schritt zur kommerziellen Inbetriebnahme der ersten Verflüssigungsanlage (Train) in Freeport, sagte Michael Smith, Gründer und CEO der Betreibergesellschaft. Die kommerzielle Inbetriebnahme soll im Laufe des Monats erfolgen.

Zwei weitere Trains befinden sich in Freeport aktuell in der Fertigstellung. Sie sollen im Januar und Mai 2020 den Betrieb aufnehmen. Jeder Train verfügt über eine Kapazität von rund 5 Mio. Tonnen LNG im Jahr. Ein vierter Train ist geplant. Als Abnehmer für das US-LNG haben sich vor allem japanische Unternehmen positioniert. So haben sich unter anderem Osaka Gas, Tokyo Electric Power und Sumitomo Group langfristige Kapazitätsrechte über einen Zeitraum von 20 Jahren gesichert. Auch BP verfügt über Kapazitätsrechte, die sich auf Train 2 beziehen und auf 4,4 Mio. Tonnen LNG pro Jahr belaufen. Auf Umwegen hat auch Total Zugriff auf US-LNG aus Freeport erhalten. Mit der Übernahme des LNG-Portfolios des japanischen Toshiba-Konzerns hat der französische Konzern im Sommer Kapazitätsrechte über 2,2 Mio. Tonnen LNG pro Jahr für Train 3 erworben. /tc.

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/194915/russland-will-deutlich-mehr-lng-exportieren> Aufruf: 18.10.2019

LNG-Exporte Russland will deutlich mehr LNG exportieren, **09.09.2019** - 15:02

Wladiwostok (energate) - Russland könnte in den kommenden Jahren seine LNG-Exportmengen von derzeit rund 30 Mio. auf bis zu 140 Mio. Tonnen steigern. Das kündigte Medienberichten zufolge der russische Energieminister Alexander Nowak beim Eastern Economic Forum (EEF) in Wladiwostok an. Wegen der niedrigeren Produktionskosten könnte das Land damit zum ernsthaften Mitbewerber für die LNG-Exporte aus den USA werden und einen weltweiten Marktanteil von bis zu 20 Prozent für sich beanspruchen, so der Minister. Derzeit sind mit Gazprom und Novatek lediglich zwei russische Unternehmen in diesem Segment aktiv, demnächst will auch Rosneft gemeinsam mit Exxon Mobil eine Produktionsanlage für verflüssigtes Erdgas (LNG) bauen. /am

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/195061/polen-baut-sein-gaspipelinenetz-aus> Aufruf: 18.10.2019

Hintergrund, Polen baut sein Gaspipelinenetz aus, **16.09.2019** - 11:20

Warschau (energate) - Aktuell baut der polnische Gasnetzbetreiber Gaz-System S.A. zwei wichtige internationale Verbindungen aus. Diese sollen sowohl Litauen als auch die Slowakei mit den polnischen Gasleitungen verbinden. Im Südosten Polens entsteht in Zusammenarbeit mit dem slowakischen Gasnetzbetreiber Eustream A.S. eine knapp 166 Kilometer lange Gaspipeline. Die Leitung ist im Norden an die Kompressorstation in Strachocina angeschlossen und endet in der slowakischen Ortschaft Velke Kapusany. Die geplanten Baukosten betragen 269,3 Mio. Euro, wovon rund 108 Mio. über das EU-Förderprogramm "Connecting Europe" finanziert werden. Die Verantwortlichen gehen davon aus, dass die Bauarbeiten Ende des Jahres 2021 abgeschlossen sein werden.

GIPL: Spatenstich im Herbst

Im Nordosten Polens baut Gaz-System zusammen mit dem litauischen Unternehmen AB Amber Grid eine knapp 515 Kilometer lange Gasleitung, die die Gasnetze beider Länder verbinden soll. Ausgangspunkt ist die Pumpstation in Jauniunai. Die Gaspipeline soll in Polen in Gustorzyn enden, wo zeitgleich eine neue Kompressorstation entsteht. Im Gegensatz zu der polnisch-slowakischen Gasleitung, die seit rund einem Jahr gebaut wird, haben die Bauarbeiten an der GIPL (Gas Interconnection Poland-Lithuania) noch nicht begonnen. Der erste Spatenstich wird aber voraussichtlich noch im Herbst dieses Jahres erfolgen, da auch in diesem Fall das Gas bis zum Jahresende 2021 fließen soll. Das Investitionsvolumen dieses Projekts wird auf 558 Mio. Euro geschätzt.

Anhang 2, Pressemeldungen National

Quelle: <https://www.shell.de/geschaefts-und-privatkunden/shell-kraftstoffe-fuer-geschaefstkunden/shell-lng-fuer-den-transportsektor/shell-lng-fuer-schwere-lkw.html#iframe=L2Zvcm1zL2RIX2RIX3RvcGljc19mb3Jt> Abruf: 30.09.2019

Hamburg, Georgswerder Bogen: Deutschlands erste öffentliche LNG-Tankstelle

Die Geschichte von LNG in Deutschland beginnt in Hamburg. Am **18. September 2018** hat hier – an der Shell Station Georgswerder Bogen – die erste öffentliche LNG-Tankstelle in Deutschland eröffnet. Auf den zwei neuen Tankspuren können LNG-Fahrzeuge jetzt den Flüssiggaskraftstoff tanken – ganz einfach an der Zapfsäule.

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/186367/lng-taskforce-uebergibt-massnahmenkatalog> Aufruf: 18.10.2018

Erdgasmobilität, LNG-Taskforce übergibt Maßnahmenkatalog, **26.09.2018** - 15:51

Berlin (energate) - Mit einem neuen Katalog von Empfehlungen will die LNG-Taskforce die Verbreitung von verflüssigtem Erdgas im Straßengüterverkehr beschleunigen. Dieses Maßnahmenpapier habe die von der Deutschen Energie-Agentur (Dena) und dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) gegründete Arbeitsgruppe nun dem Bundesverkehrsministerium (BVM) überreicht, teilte der DVGW mit. Die Taskforce empfiehlt unter anderem eine langfristige Steuererleichterung für LNG-LKW, eine Mautreduzierung sowie staatliche Unterstützung beim Aufbau der Tankstelleninfrastruktur. Ebenfalls wichtig sei eine politische Zielsetzung für Fahrzeuge und Infrastruktur. Die Initiative empfiehlt dem BVM als Zielmarke 2.500 zugelassene LNG-LKW und 50 Tankstellen bis 2020 sowie 25.000 LKW und 200 Tankstellen bis 2025.

Die Erdgas-Fahrzeuge wären nötig, um die Klimaziele im Verkehr zu erreichen. Denn gerade im Bereich der Nutzfahrzeuge seien die Emissionen im Vergleich zu 1990 um fast die Hälfte gestiegen. "Kraftstoffe wie Erdgas und erneuerbares Methan sind heute die einzig verfügbaren und wettbewerbsfähigen Alternativen zum Diesel im Schwerlastverkehr", kommentierte dies Dena-Geschäftsführerin Kristina Haverkamp. "Obwohl die LNG-LKW verfügbar sind und Flottenbetreiber großes Interesse haben, verläuft die Marktentwicklung bisher noch schleppend", so Haverkamp weiter. Im internationalen Vergleich etwa hänge Deutschland hinter anderen Ländern her.

Mindestziel statt zeitliche Begrenzung

Die Bundesregierung hatte 2017 die Energiesteuerermäßigung für LNG-Fahrzeuge verlängert (energate berichtete), was die LNG-Taskforce generell begrüßte. Allerdings sei diese bis 2026 begrenzt. Besser als eine zeitliche Begrenzung sei es, Mindestziele zu formulieren, wie etwa 1.000 LNG- und CNG-LKW. "Eine zeitnahe Weiterentwicklung der Energiesteuer mit Differenzierung nach Treibhausgasemissionen würde das Vertrauen der Branche langfristig stärken", hieß

es dazu von der Taskforce weiter. Zudem würde eine CO2-abhängige Mautgestaltung einen technologieoffenen Wettbewerb fördern. Bis dahin sollten, analog zum Elektro-LKW, alle alternativen Antriebe von der Maut befreit sein, so die Empfehlung der Initiative.

LNG-Vorteile auf Leasing ausweiten

Eine weitere Maßnahme, welche die Taskforce vorschlägt, ist, das Förderprogramm neben dem direkten Kauf auch für Finanzierungsformen wie Mieten oder Leasing zu öffnen. Denn Speditionen und Logistikunternehmen würden einen großen Teil ihres Geschäfts darüber abwickeln. Bislang seien im Saisongeschäft geleaste oder gemietete Fahrzeuge vom Förderprogramm ausgeschlossen. Auch bei der innerstädtischen Belieferung sollte es Vorteile für LNG- und CNG-LKW geben. In vielen Innenstädten seien aufgrund von Abgas- und Lärmproblemen Lieferzeiten zeitlich begrenzt. Methanbetriebene Fahrzeuge verursachten aber deutlich weniger Schadstoffe und Lärm. "Die Ausweitung von Lieferzeiten sollte daher geprüft und mit den Kommunen erörtert werden", hieß es weiter. Dies sei etwa für Logistikdienstleister ein wichtiges Kaufargument für einen LNG-LKW.

Die LNG-Taskforce hat das Ziel, die Einführung von verflüssigtem Erdgas als Kraftstoff auf dem deutschen Markt voranzubringen. Neben den beiden Initianten haben sich mittlerweile 14 Unternehmen und Organisationen angeschlossen. Dazu gehören unter anderem der ADAC, Daimler, Exxon Mobil, Iveco, Liqvis, MEW Mittelständische Energiewirtschaft sowie Shell und Total. /ml

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/187145/erste-lng-fahrzeuge-im-duisburger-hafen> Aufruf: 18.10.2019

Forschungsprojekt, Erste LNG-Fahrzeuge im Duisburger Hafen, **25.10.2018** - 14:52

Duisburg (energate) - Im Duisburger Hafen sind die ersten mit verflüssigtem Erdgas (LNG) betriebenen Fahrzeuge unterwegs. Es handele sich um einen sogenannten Reachstacker und eine Terminalzugmaschine, teilte die Hafengesellschaft Duisport mit. Die Fahrzeuge werden für den Umschlag des Frachtguts eingesetzt. Ihre Umrüstung von Diesel auf LNG fand im Rahmen eines Forschungsprojekts statt, das Duisport mit RWE Supply & Trading und der Universität Duisburg-Essen durchführt (energate berichtete). Betankt wurden die Fahrzeuge mit einer mobilen LNG-Tankanlage. Das Projekt erhält 740.000 Euro Fördermittel aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung. "Wir werden den Ausbau der LNG-Infrastruktur im Duisburger Hafen konsequent vorantreiben", so der Duisport-Vorstandsvorsitzende Erich Staake. /tc.

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/188353/schwimmendes-lng-terminal-in-wilhelmshaven-kommt-naeher> Aufruf: 20.10.2019

FSRU-Projekt, schwimmendes LNG-Terminal in Wilhelmshaven kommt näher, **17.12.2018** - 15:46

Düsseldorf/Tokio (energate) - Der Düsseldorfer Energiekonzern Uniper und der japanische LNG-Schiffsbetreiber "Mitsui O.S.K. Lines" haben eine Vereinbarung für ein schwimmendes LNG-Terminal in Wilhelmshaven abgeschlossen. Solch eine "Floating Storage and Regasification Unit (FSRU)" ist deutlich billiger als ein festes Terminal. Die Regasifizierung von verflüssigtem Erdgas (LNG) erfolgt bereits an Bord dieses Spezialschiffes. Die Einheiten können kurzfristig oder langfristig gechartert werden. In Wilhelmshaven soll die Einheit zwanzig Jahre liegen. Derzeit sind gut dreißig solcher Schiffe im Bau oder in Betrieb. Mitsui, nach eigenen Angaben der größte Betreiber von LNG-Schiffen, will das Schiff erwerben, betreiben und auch die Finanzierung übernehmen. Die Kapazität soll zehn Mrd. Kubikmeter betragen, es wäre weltweit eine der größten schwimmenden Regasifizierungseinheiten.

Liegeplatz und Team

Uniper treibt Projekt eines LNG-Terminals in Wilhelmshaven mittlerweile intensiv voran. In dem Unternehmen arbeitet ein Team an dem Projekt, auch eine Internetseite wurde eingerichtet. In Wilhelmshaven gehört dem Unternehmen schon ein Grundstück, das als Liegeplatz für das FSRU dienen kann. Dieses Grundstück stammt noch aus der Zeit, als Ruhrgas und später Eon das Projekt für ein LNG-Terminal in Wilhelmshaven verfolgten. Diese Planungen wurden vor rund zehn Jahren eingestellt. Aus dem alten Projekt verfügt Uniper noch über eine Reihe notwendiger Genehmigungen.

Noch keine finale Investitionsentscheidung

Die Vereinbarung mit Mitsui bedeutet noch keine Investitionsentscheidung. Dazu müssen im ausreichenden Maße langfristige Kapazitätsbuchungen vorliegen und es müssen LNG-Mengen verfügbar sein. Uniper arbeitet als Treiber für das Projekt an diesen Bausteinen. "Ich hoffe, dass wir in Kürze weitere Neuigkeiten, auch bezüglich erster Kapazitätsbuchungen bekannt geben können", sagte ein Uniper-Sprecher zu energate. Es sei auch nicht ausgeschlossen, dass Uniper selbst langfristig Kapazität buchen wird. Uniper ist wohl mit Qatargas in Gesprächen über mögliche LNG-Lieferungen oder eine Kooperation in Wilhelmshaven (energate berichtete). Eine Delegation aus Katar war schon vor Ort. Wenn alle Bausteine an ihrem Platz sind, könnte das Terminal 2022 in Betrieb gehen.

An dem Standort Wilhelmshaven hatte bisher Nord-West Oelleitung (NWO), ein Hafenbetreiber das Projekt für ein FSRU verfolgt und auch schon beim Fernleitungsnetzbetreiber Open Grid Europe (OGE) einen Antrag auf eine Kapazitätsreservierung gestellt. Uniper verfolgt das Projekt völlig unabhängig von NWO. Wobei der Standort nicht nur wegen des Grundstücks und der Genehmigungen für das Energieunternehmen interessant ist. Auch sehr große LNG-Schiffe können in Wilhelmshaven entladen werden und die Netzanbindung lässt sich unkompliziert über eine rund 30 Kilometer lange Pipeline herstellen, die in der Nähe des Speichers Etzel an das Fernleitungssystem angeschlossen werden kann.

Uniper und Mitsui haben daneben neben dem deutschen Projekt auch eine zweite Vereinbarung abgeschlossen. Mitsui wird verbindlich LNG-Schiffskapazität zur

Verfügung stellen, die äquivalent zu einem 180.000 m³ LNG-Tanker sind. Uniper wird diese Kapazität zur Optimierung der Lieferungen aus dem US-Terminal Freeport und der Ausweitung von LNG-Handelskapazitäten nutzen. /hl

Quelle: <https://www.energate-messenger.de/news/190760/vier-oeffentliche-Ing-tankstellen-in-deutschland> Aufruf: 18.10.2019

LNG-Infrastruktur Vier öffentliche LNG-Tankstellen in Deutschland **04.04.2019** - 15:16

Berlin (energate) - Das deutsche Netz an öffentlichen LNG-Tankstellen besteht derzeit aus vier Tankstellen für LKW. Das geht aus einer Antwort der Bundesregierung auf eine parlamentarische Anfrage der FDP-Fraktion hervor. Die Regierung rechnet jedoch damit, dass ihre Zahl in den kommenden Jahren auf mehr als 20 ansteigt. Somit werde die Abdeckung gemäß den Vorgaben der EU-Richtlinie 2014/94/EU über den Infrastruktur-Ausbau für alternative Kraftstoffe erfüllt. Für die Fahrzeuge mit einem CNG-Antrieb (komprimiertes Erdgas) gebe es in Deutschland rund 900 Tankstellen, 90 davon seien auch für LKW zugänglich. Auch hier würden die Vorgaben der EU-Infrastrukturrichtlinie erfüllt. "Die Bundesregierung misst LNG und CNG als Alternative zum Diesel vorläufig eine Bedeutung insbesondere in Anwendungsfällen bei, in denen eine direkte Elektrifizierung vorerst nicht absehbar ist", heißt es weiter zur Einordnung der Bedeutung dieser Antriebe für die Mobilität der Zukunft. /am.

Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=iZFHw-2jE5I&app=desktop> Aufruf: 20.10.2019

Bundesrat stimmt Verordnung zum Aufbau der LNG-Infrastruktur zu - BundesratKOMPAKT 7.6.19 TOP 27

Der Bundesrat hat am **7. Juni 2019** einer Regierungsverordnung zum Aufbau der LNG-Infrastruktur für Flüssiggas - Liquefied Natural Gas - zugestimmt. Die Bundesregierung möchte damit die rechtlichen Rahmenbedingungen für LNG-Anlagen in Deutschland verbessern. Gasnetzzugang verbessern Danach sind Fernleitungsnetzbetreiber künftig verpflichtet, LNG-Anlagen an ihre Netze anzuschließen und die Anschlussleitung zu betreiben. 90 Prozent der Kosten trägt der Netzbetreiber, 10 Prozent der Anschlussnehmer. Die Verordnung enthält zudem Regeln für die Vorbereitung und Realisierung des Netzanschlusses sowie die Möglichkeit, Investitionsmaßnahmen für LNG-Anbindungsleitungen zu beantragen. Verkündung und Inkrafttreten Mit der Zustimmung des Bundesrates kann die Bundesregierung die Verordnung nun im Bundesgesetzblatt verkünden lassen. Sie soll einen Tag darauf in Kraft treten. Redebeiträge: Min Olaf Lies, Niedersachsen Min Bernd Buchholz, Schleswig-Holstein PSt Thomas Bareiß Min'in Anja Siegesmund, Thüringen Mehr zum Thema: <https://www.bundesrat.de/pk-top.html?...> Mehr Videos und Aufzeichnungen der Plenarsitzungen in voller Länge finden Sie in der Bundesrat-Mediathek: <https://www.bundesrat.de/mediathek>.

Anhang 3, Allgemeine Vorteile einer LNG-Nutzung

Allgemeine Vorteile einer LNG-Nutzung [12]
Die Verwendung von LNG ermöglicht unabhängig eines Pipelineanschlusses, eine freie Wahl von Kraftwerksstandorten. Dies ermöglicht eine bessere Ausrichtung auf den tatsächlichen Bedarf des Stromnetzes.
Die Ansiedlung von Industrie ist auch in Regionen möglich, in denen kein Gasverteilnetz existiert.
Der Einsatz von LNG bietet gegenüber dem Anschluss an ein Gasverteilnetz auch die Möglichkeit, Spitzenverbräuche besser abzudecken.
Bei Energieknappheit, kann wiederverdampftes LNG zur Aufrechterhaltung der Versorgung in das Pipelinenetz eingespeist werden.
LNG kann im Vergleich zu Pipelinegas mittels LKW, oder Schienen- und Schiffstransport, bei entsprechend vorhandener Infrastruktur, unabhängig und auch über große Entfernungen, an den Verbraucherort transportiert werden.
LNG ist im flüssigen Zustand nicht brennbar, daher gehen hiervon nur geringe Gefahren aus. LNG ist im Umschlag als Flüssiggas weniger gefährlich als bereits gasförmige oder andere entzündliche petrochemische Brennstoffe.
Bei Großverbrauchern von Diesel und LPG, sind LNG-Anlagen ab einem Jahresverbrauch von 3,5 Millionen Kilowattstunden wirtschaftlich. [12, S.20]
Die Einspeisung von regasifiziertem LNG in das deutsche H-Gas Pipelinenetz ist möglich.
Die Einspeisung von LNG in das Pipelinenetz, ist im Vergleich zu Biogas vorteilhafter. Die Einspeisung von LNG führt zu geringeren Qualitätsschwankungen (v.a. beim Brennwert) gegenüber Biogas.
Mit LNG betriebene LKW sind gegenüber Diesel-LKW leiser und begünstigen zukünftig eine höhere Frequentierung der Nachtbelieferung in sensiblen Lärmschutzbereichen.
Für Schubschiffe, große Containerschiffe auf dem Rhein und für Tankerschiffe, bietet LNG als Antrieb eine wirtschaftliche Alternative. [12, S.56]

Anhang 4, Allgemeine Nachteile einer LNG-Nutzung

Allgemeine Nachteile einer LNG-Nutzung [12]
Erst ab einer Größe von 6000 m ³ für eine Bunkerstation, ist die Belieferung durch Schiffe wirtschaftlich.
Um eine Wiederverdampfung zu vermeiden, wird LNG tiefgekühlt (-162°C), um es flüssig zu speichern und zu transportieren. Dies erfordert sehr aufwändige Wärmedämmmaßnahmen. So wird z.B. verdampfendes Erdgas beim Transport durch einen druckbeständigen Transportbehälter zurückgehalten.
Bei der Wiederverdampfung ist das Luft-Gasgemisch leicht entzündbar. Offene Flammen und Zündfunken müssen ferngehalten werden.
Bei langer Lagerung in einem Tank, verdampft LNG. Zur Druckentlastung müssen die Gase abdampfen. Dies bedeutet sowohl einen Schwund als auch einen negativen Einfluss auf die Umwelt. [19, S.16]
Aufgrund hoher Investitionskosten für die Wiederverdampfungsanlagen, ist für Kleinverbraucher eine LNG-Anlage für Prozesswärme oder ein LNG Blockheizkraftwerk eher ungeeignet.
Für kleine Binnenschiffe ist LNG als Antrieb nicht wirtschaftlich, da die LNG Tanks mehr Volumen benötigen, was zu Lasten des verfügbaren Laderaums geht. [12, S.56]
Für die Nutzung von Schienengüterverkehr in Deutschland bestehen z.Zt. keine rechtlichen Vorgaben bzw. staatlichen Unterstützungsprogramme um den Ausbau von LNG betriebenen Lokomotiven voranzutreiben. Ein wesentlicher Grund hierfür, liegt in dem hohen Elektrifizierungsgrad des deutschen Schienennetzes. [12, S.55]
Aufgrund einer zu geringen Nutzungszeit von LNG für PKWs, wird diesem Markt wenig Bedeutung beigemessen. [12, S.12]

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Thomas Höhne, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Kaiserslautern, 13.12.2019

.....

Thomas Höhne

Datenträger