

Anhang B
zum
Sicherheitsbericht §9 12. BImSchV

**TÜV NORD Systems
GmbH & Co. KG**
Prozesstechnologie Nordost
Trelleborger Straße 15
18107 Rostock
Tel.: 0381 7703-400
Fax: 0381 7703-403
rostock@tuev-nord.de
www.tuev-nord.de

TÜV®

Störfallbetrachtung
zur Ermittlung und Analyse der Risiken von Störfällen

Projekt: LNG-Anlage Blumberg

Standort: PLZ Ort: 16356 Ahrensfelde OT Blumberg
Straße, H-Nr.: Birkholzer Straße 19 G

Betreiber: BALANCE EnviTec Bio-LNG GmbH & Co. KG
Birkholzer Straße 19 G
16356 Ahrensfelde

Bearbeiter: TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG
Trelleborger Straße 15
18107 Rostock

Auftragsnummer: 8120809310-200

Sachverständiger: Dipl.-Ing. (FH) Zöfel
Bekanntgegeben nach §29b BImSchG

Telefon: (0381) 7703 473
(0160) 888 0404

Email: czoefel@tuev-nord.de

Das vorliegende Dokument umfasst 32 Textseiten. Eine Vervielfältigung bedarf der Zustimmung des Auftraggebers (Betreiber) und der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG.

Rostock, 31.05.2023

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	3
2 Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen	4
3 Schutzbedürftige Gebiete – Definition.....	6
4 Bildung von Störfall-Szenarien anhand der Anlagenausführung.....	8
4.1 Art des Störfalles	8
4.2 Festlegung zu betrachtender Anlagenteile.....	9
4.3 Festlegung des stofflichen Störfallpotentials	10
4.4 Darstellung des Szenarios einer LNG-Freisetzung	11
4.5 Vorgehen der Auswirkungsbetrachtungen	12
5 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen.....	13
5.1 Vorgehen und Programmvorstellung	13
5.2 Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle zur Ausbreitungsberechnung	14
5.3 Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter	14
6 Berechnungen.....	20
6.1 Freisetzungsmassestrom.....	20
6.2 Ergebnisse für Lachenausbreitung und Verdampfung im Szenario 2.....	21
6.3 Ergebnisse für die Gasausbreitung.....	24
6.4 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung	25
6.4.1 Berechnung der Wärmestrahlungsauswirkungen bei einem Wolkenbrand	27
6.4.2 Berechnung der Wärmestrahlungsauswirkungen bei einem Wolkenbrand	29
7 Schlussfolgerungen.....	31

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die LNG-Anlage Blumberg fällt aufgrund des Auftretens gefährlicher Stoffe unter den Geltungsbereich der 12. Bundes-Immissionsschutzverordnung (12. BImSchV, Störfallverordnung) und ist als ein Betriebsbereich der oberen Klasse gemäß §2 Abs. 2 der Störfallverordnung anzusehen.

Damit sind die Pflichten der §§ 3-10 der Störfallverordnung einzuhalten. Darunter auch §9 zur Erstellung eines Sicherheitsberichtes. Der Sicherheitsbericht gem. §9 Störfallverordnung für die LNG-Anlage Blumberg orientiert sich an den Anhang II der Störfallverordnung. Gem. Nr. IV des Anhangs II der Störfallverordnung hat folgendes zu erfolgen:

„IV. Ermittlung und Analyse der Risiken von Störfällen und Mittel zur Verhinderung solcher Störfälle

1. *Eingehende Beschreibung der **Szenarien möglicher Störfälle** nebst ihrer Wahrscheinlichkeit oder den Bedingungen für ihr Eintreten, (...)*
2. *Abschätzung des **Ausmaßes und der Schwere der Folgen** der ermittelten Störfälle, (...)*

Zudem ist die Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes gemäß §50 in Verbindung mit §3 Abs. 5c BImSchG mittels rechnerischer Verfahren, für Anlagen, welche den Pflichten der Störfallverordnung unterliegen, gefordert.

Durch die vorliegende Abstandsermittlung ist es möglich Angaben zu den Auswirkungen zu machen, welche sich aus größeren Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes bzw. Störfällen ergeben können. Es kann somit die Fragestellung beantwortet werden, ob ein schutzbedürftiges Objekt aufgrund der Auswirkungen von Störungsfällen und Dennoch-Störfällen in der LNG-Anlage Blumberg negativ beeinflusst werden.

Als Grundlage für die Betrachtung dienen die Leitfäden KAS 18 und KAS 32 der Kommission für Anlagensicherheit. Diese geben Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung des § 50 BImSchG.

Durch die beauftragten Untersuchungen können Detailkenntnisse über Entfernungen gewonnen werden, in welchen nicht mehr mit einer Gefährdung bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs zu rechnen ist.¹ Dabei werden die in der LNG-Anlage

¹ Sog. angemessener Abstand

Blumberg vorkommenden störfallspezifischer Faktoren zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes gemäß §3 Abs. 5c BImSchG und zur Berechnung angewendet.

Die im Leitfaden KAS 18, Abs. 3.1 empfohlenen Entfernungsangaben² können somit eingehalten bzw. wenn das untersuchte Gefährdungspotential der LNG-Anlage Blumberg es zulässt, unterschritten werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass nur die Einflüsse untersucht werden, welche gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen auf Personen in den angrenzenden bewohnten Flächen und Wohnbebauungen haben. Geruchs- und Schallemissionen wurden ggf. in separaten Stellungnahmen untersucht und sind nicht Bestandteile der vorliegenden Auswirkungsanalysen.

2 Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen

Folgende Verordnungen und Richtlinien werden u.a. als Erkenntnisquelle in ihren jeweils aktuellsten Fassungen verwendet:

- /1/ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) mit Verordnungen (BImSchV)
- /2/ 12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (12.BImSchV) – Störfall-Verordnung
- /3/ VDI 3783 Blatt 1 – Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen – Sicherheitsanalyse
- /4/ VDI 3945 Blatt 3 - Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell
- /5/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz; Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft ; 2002
- /6/ TNO – Yellow Book
- /7/ Leitfaden KAS 18 (ersetzt SFK/TAA – GS – 1) - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG; 11/2010
- /8/ Leitfaden KAS 32 – Arbeitshilfe - Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18; 2. Fassung 11/2015
- /9/ Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung; März 2004; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

² Sog. Achtungsabstände

Weitere Informationen wurden per E-Mail-Verkehr 2022 übermittelt.

Weiterhin wurden folgende Informationsquellen herangezogen:

- /11/ GESTIS Stoffdatenbank (Stand 04.12.2013)
(<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>)
- /12/ ProNuSs 9 (Version 9) – Programmbeschreibung

3 Schutzbedürftige Gebiete – Definition

Die Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft erfordert vorwiegend eine Identifizierung und Definition von möglichen Schutzziele in der Umgebung. Auftragsgemäß sollen mögliche Auswirkungen auf schutzbedürftige Gebiete entsprechend §50 BImSchG untersucht und beurteilt werden.

Die textliche Fassung des §50 BImSchG erläutert nicht eindeutig was als schutzbedürftiges Gebiet zu bewerten ist. Daher wird im Folgenden die ergänzende Definition des Leitfadens KAS18 /7/, welcher zur Umsetzung § 50 BImSchG heranzuziehen ist, angewendet:

Quelle: KAS 18, Abs. 2.1.2:

„Folgende Gebiete, Nutzungen und/oder Objekte sind als schutzbedürftig i. S. d. Vorschrift einzustufen:

- a) *Baugebiete i. S. d. BauNVO, mit dauerhaftem Aufenthalt von Menschen, wie Reine Wohngebiet (WR), Allgemeine Wohngebiete (WA), Besondere Wohngebiete (WB), Dorfgebiete (MD), Mischgebiete (MI) und Kerngebiete (MK), Sondergebiete (SO), sofern der Wohnanteil oder die öffentliche Nutzung überwiegt, wie z. B. Campingplätze, Gebiete für großflächigen Einzelhandel, Messen, Schulen/Hochschulen, Kliniken.*
- b) *Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensible Einrichtungen, wie*
 - *Anlagen für soziale, kirchliche, kulturelle, sportliche und gesundheitliche Zwecke, wie z. B. Schulen, Kindergärten, Altenheime, Krankenhäuser,*
 - *öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr, z. B. Einkaufszentren, Hotels, Parkanlagen. Hierzu gehören auch Verwaltungsgebäude, wenn diese nicht nur gelegentlich Besucher (z. B. Geschäftspartner) empfangen, die der Obhut der zu besuchenden Person in der Weise zuzuordnen sind, dass sie von dieser Person im Alarmierungsfall hinsichtlich ihres richtigen Verhaltens angehalten werden können.*
- c) *Wichtige Verkehrswege z. B. Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen, ICE-Trassen. Was wichtige Verkehrswege sind, hängt letztendlich von deren Frequentierung*

ab. Orientierungswerte zur Einstufung von Verkehrswegen finden sich in Ref. Nr. B 18 der „Fragen und Antworten zur Richtlinie 96/82/EG (Seveso-II-Richtlinie). Sie dienen als Orientierungshilfe zur Auslegung der Richtlinie zur Beherrschung der Gefahren bei Unfällen mit gefährlichen Stoffen. Sie sind jedoch nicht verpflichtend und schließen eine andere vernünftige Auslegung nicht aus

Des Weiteren bezieht sich §50 BImSchG auch auf unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete. Wogegen der Leitfaden KAS 18 das Schutzziel Mensch als Voraussetzung beinhaltet.

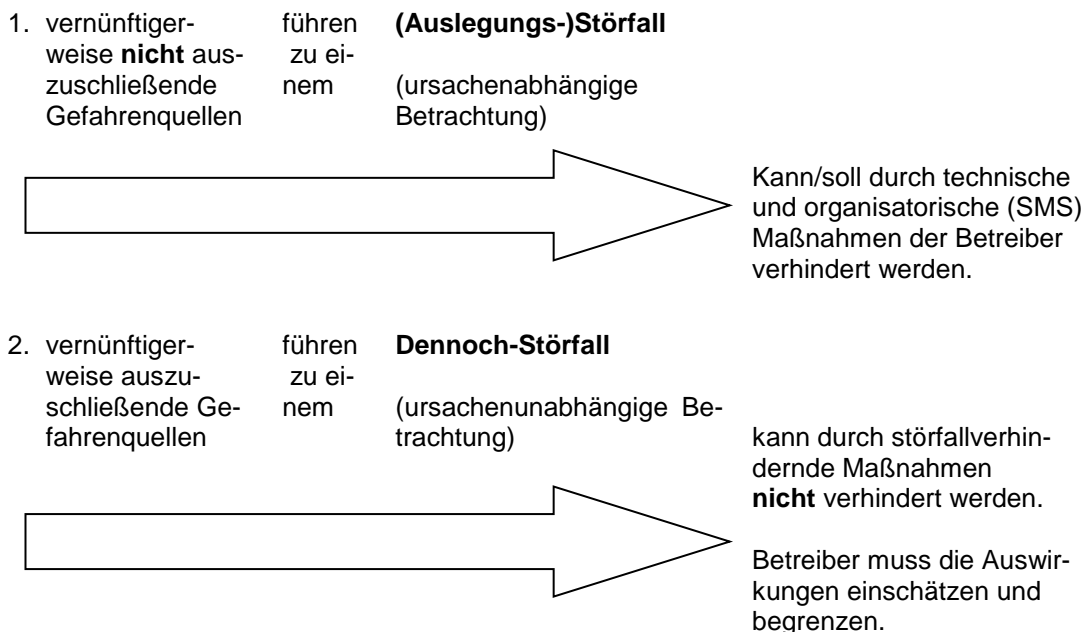
4 Bildung von Störfall-Szenarien anhand der Anlagenausführung

4.1 Art des Störfalles

Die Analyse im vorliegenden Anhang B basiert auf die bekannte Anlagenkonzeption aus Abschnitt 4 des zugehörigen Sicherheitsberichtes nach §9 Störfallverordnung. Die Ausführung, Betriebsweise und Lagerarten der LNG-Anlage Blumberg werden zur Bildung von Dennoch-Störfallablaufszenarien unter real vorliegenden Bedingungen als Detailkenntnisse und störfallspezifische Faktoren herangezogen.

In einem Sicherheitsbericht nach §9 Störfallverordnung müssen gemäß Anhang II nicht nur mögliche Gefahrenquellen ermittelt werden, sondern es muss auch die Schwere daraus resultierender Ereignisse - bis hin zu Störfallszenarien ableitbar sein.

Es werden dabei zwei Arten von Gefahrenquellen unterschieden:



Zu den **Auslegungsstörfällen** gehören betriebsbedingte Gasaustritte d.h. vernünftiger Weise nicht auszuschließende Freisetzungen von Gasen in kleineren Mengen im störungsfreien Betrieb werden mit Berücksichtigung des Explosionsschutzes inklusive der Einteilung in explosionsgefährliche Bereiche und der automatischen Überwachung mit

Gaswarnsystem hinreichend betrachtet. Diese Art der Ereignisse bedarf keiner weiteren rechnerischen Betrachtung.

Dagegen wird bei der Untersuchung von **Dennoch-Störfällen** zur Szenarienbildung unterstellt, dass größere Mengen an gefährlichen Stoffen aus eigentlich technisch dichten Anlagenteilen unkontrolliert in die Umgebung austreten. Im Rahmen dieser Einzelfallbetrachtungen werden die Auswirkungen untersucht, die zu erwarten sind, wenn trotz störfallverhindernden und –auswirkungsbegrenzenden Maßnahmen³ in der LNG-Anlage Blumberg sog. Dennoch-Störfälle auftreten. Diese Szenarien wurden in Konvention mit den im Leitfaden KAS 32 /8/ und den im Abschnitt 3.2 des Leitfadens KAS 18 /7/ beschriebenen Randbedingungen erarbeitet.

Definition von Dennoch-Störfällen:

„Unter Dennoch-Störfällen werden Störfälle verstanden, die von vernünftigerweise auszuschließenden Gefahrenquellen ausgehen und deren Eintritt daher durch störfallverhindernde Maßnahmen nach § 3 Abs. 1 StörfallV in der Regel nicht verhindert werden kann.“ /SFK-GS 26/

In den vorliegenden Untersuchungen wird zur Quantifizierung möglicher Gefahren von solchen Szenarien Gebrauch gemacht, da durch die Verwendung von Dennoch-Störfällen die größtmöglichen Auswirkungen abgeschätzt werden können. Somit wird eine sehr konservative Betrachtungsweise ermöglicht.

4.2 Festlegung zu betrachtender Anlagenteile

Bei der Bildung solcher Szenarien werden primär die bereits im Sicherheitsbericht; Abschnitt 5.3.1 ermittelten sicherheitsrelevanten Anlagenteile betrachtet da hier die größten Störfallauswirkungen zu erwarten sind.

Als Sicherheits-Relevante-Anlagenteile (SRA) aufgrund ihres Stoffinhaltes wurden innerhalb der LNG-Anlage Blumberg im Sicherheitsbericht Abschnitt 5.3.1 die

- 10 LNG-Tanks T 501 A bis T 501 J
- Abgangsleitung zu Ontras (FGL 211.10 DN 400)
- Abgangsleitung zu NBB
- Leitung zwischen GDRMA zur LNG Verflüssigung
- Eingangsleitung zu GDRMA

³ Gegenmaßnahmen nach § 3 Abs. 1 und § 3 Abs. 3 StörfallV

- (FGL 303.01.01 DN 400)
- LNG Leitung zu Tanks
- Nonan Lagerung

ermittelt. Aus diesen Anlagenteilen können brennbare und explosionsfähige Stoffe in flüssiger oder gasförmiger Form austreten, welche die Gesundheit von Beschäftigten sowie die Umwelt nachteilig beeinflussen können. Welche dieser Anlagenteile das größte Störfallpotential besitzen wird folgend ermittelt.

4.3 Festlegung des stofflichen Störfallpotentials

Ausgehend der notwendigen Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung ist hier primär das stoffliche Störfallpotential des zuvor freigesetzten Stoffes zu betrachten.

In den im Sicherheitsbericht Abschnitt 5.3.1 ermittelten sicherheitsrelevanten Anlagenteilen (SRA) sind die Stoffe LNG, Erdgas und Nonan enthalten.

Der Stoff Nonan ist ebenfalls als gefährlicher Stoff gemäß Störfall-Verordnung §2 Pkt. 4 einzustufen und kann bei einer Betriebsstörung nur in einem Volumen von 1,5 m³ freigesetzt werden, da dies die größte abgesperrte Betriebseinheit darstellt. Dagegen wird LNG in größeren zusammenhängenden Mengen in den 10 LNG-Tanks gelagert.

Die Energiedichte vom LNG ist größer als vom verdichteten Erdgas, wodurch sich ein größeres Auswirkungspotential bei einer Freisetzung ergibt. Somit geht das stoffliche Störfallpotential auf der LNG-Anlage Blumberg primär vom Stoff LNG aus.

Die umfangliche Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung erfordert zudem die Annahme der Freisetzung der größten zusammenhängenden Menge (GZM) auf dem Anlagengelände. Diese GZM ist nach Analyse der aktuell vorliegenden Anlagenkonzeption jeweils in den 10 LNG-Tanks anzufinden

Aus diesem Grund ist an den zu betrachtenden Szenarien flüssiges LNG beteiligt, welches aufgrund seiner Eigenschaften und der vorhandenen Menge als primärer störfallrelevanter Stoff auf dem Betriebsgelände der LNG-Anlage Blumberg einzustufen ist.

4.4 Darstellung des Szenarios einer LNG-Freisetzung

Bei der Szenarienbildung wird konservativ ungünstig unterstellt, dass größere Mengen an flüssigem LNG, unkontrolliert in die Umgebung austreten. Es wird daher die Freisetzung von flüssigem LNG mit explosionsfähigen Bestandteilen untersucht. In den 10 LNG-Tanks sind große Mengen von tiefkalt verflüssigtem Biomethan (LNG) gelagert. Daher wird im Weiteren von einer Leckage eines der 10 LNG-Tanks ausgegangen. Die Ursache der Leckage ist nicht Gegenstand der Betrachtung, es kann jedoch von Materialversagen, oder eine Kollision mit innerbetrieblichen Fahrzeugen ausgegangen werden. Weiter wird nur von der Freisetzung aus einem LNG-Tank ausgegangen, da die gleichzeitige Leckage mehrerer LNG-Tanks als exzeptioneller Störfall bewertet werden muss und hier nicht weiter Betrachtet wird.

Bei einer so erfolgen Freisetzung aus einem der LNG-Tanks wird das verflüssigte LNG verdampfen und unmittelbar brennbare Gemische in der Umgebung entwickeln.

Grundlegend für die Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen ist die Ermittlung einer geeigneten Leckgröße. Auf Grundlage langjähriger Betriebserfahrung und der Analyse des deutschen Störfallgeschehens⁴ wird im Leitfaden der Kommission für Anlagensicherheit – KAS 18 für die „Grundlagen der Abstandsempfehlungen für die Achtungsabstände“ als Ausgangspunkt der Überlegung von einer Leckfläche von 490 mm² (entspricht einem Äquivalentdurchmesser von 25 mm) ausgegangen.

Im Leitfaden TAA-GS-22 – Flüssiggaslagerung zur Feststellung von Sicherheitsabständen wird empfohlen, über den Ansatz eine Strohmeier-Leckage hinaus Szenarien zu beschreiben, welche auch Dennoch Störfall-Betrachtungen abdecken. Diesem Vorgehen wird hier Rechnung getragen.

Szenario: Freisetzung von tiefkalt verflüssigtem Biomethan aus einem der 10 LNG-Tanks mit einer Leckfläche von 490 mm² durch äußere mechanische Einwirkungen.

⁴ (vgl. ZEMA-Berichte) Zentrale Störfallmelde- und Auswertestelle im Umweltbundesamt

4.5 Vorgehen der Auswirkungsbetrachtungen

Im Rahmen der Betrachtungen werden die Auswirkungen untersucht, welche zu erwarten sind, wenn große Mengen an LNG bei einer Störung trotz Störfallverhinderungsmaßnahmen unkontrolliert freigesetzt und gezündet werden. Die 10 LNG-Tanks haben jeweils große Mengen an LNG gespeichert. Zur Untersuchung muss zunächst berechnet werden,

1. Welcher Ausflussmassenstrom gebildet wird,
2. Wieviel vom freigesetzten LNG spontan verdampft und wieviel flüssig austritt,
3. Die Bildung einer Lache mit anschließender zeitlich abhängiger Verdampfungsrate,
4. welche Entfernungen die explosionsfähige Atmosphäre erreichen kann

und darauffolgend

5. wie hoch der mögliche Explosionsdruck sowie die auftretende Wärmestrahlungsentwicklung in einem unverdämmten Wolkenbrand auftreten kann.

Die folgende Untersuchung berücksichtigt die Freisetzung der größten zusammenhängenden Menge (GZM) an LNG und damit die Freisetzung aus einem LNG-Tank auf der LNG-Anlage Blumberg.

Primärer Bestandteil der Abstandsbetrachtung ist die Ausbreitungsberechnung der freigesetzten Gaswolke, in welcher Konzentrationen von brennbaren Bestandteilen vorhanden sind.

In Folge dessen können die Gefährdungen durch die räumliche Ausdehnung einer explosionsfähigen gefährlichen Atmosphäre als Funktion des Abstandes zur Freisetzungsquelle, dargestellt werden. Zusätzlich werden die Druckwellenauswirkungen und Wärmestrahlungsbelastungen einer möglichen Zündung der freigesetzten Gaswolke betrachtet und dargelegt.

Die Ausbreitung von freigesetzten Gasen und deren Auswirkungen erfolgt mit dem Programm ProNuSs in der Version 9.

Diesem Programm ist zur Berechnung der Gasausbreitung die Richtlinie VDI 3783 implementiert. Die Berechnungen der Auswirkungen des Explosionsdruckes einer Gaswolkenexplosion erfolgt nach dem international anerkannten TNO-Multi-Energy-Modell. Die Ermittlung der explosionsfähige Masse wird nach dem Lagrange'schen Partikelmodell berechnet.

5 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen

5.1 Vorgehen und Programmvorstellung

Primärer Bestandteil der Abstandsbetrachtung ist die Ausbreitungsberechnung der freigesetzten Gaswolke, in welcher Konzentrationen von brennbaren Bestandteilen vorhanden sind.

In Folge dessen können die Gefährdungen durch die räumliche Ausdehnung einer explosionsfähigen gefährlichen Atmosphäre als Funktion des Abstandes zur Freisetzungquelle dargestellt werden. Zusätzlich werden die Druckwellenauswirkungen und Wärmestrahlungsbelastungen einer möglichen Zündung der freigesetzten Gaswolke betrachtet und dargelegt.

Die Ausbreitung von freigesetzten Gasen und deren Auswirkungen erfolgt mit dem Programm ProNuSs in der Version 9.

Diesem Programm ist zur Berechnung der Gasausbreitung die Richtlinie VDI 3783 implementiert. Die Berechnungen der Auswirkungen des Explosionsdruckes einer Gaswolkenexplosion erfolgt nach dem international anerkannten TNO-Multi-Energy-Modell. Die Berechnungen der explosionsfähige Masse wird nach dem Lagrange'schen Partikelmodell berechnet.

5.2 Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle zur Ausbreitungsberechnung

Das aus der Flüssigphase verdampfende Biomethan wird zunächst einen Schwergascharakter aufweisen. Die luftgetragene Ausbreitung wird mit dem Rechenmodell der Richtlinie VDI 3783-Blatt 2 berechnet.

Weiterhin wird das Modell nach Lautkaski zur Berechnung des Spray-Effektes, zur Berechnung der zeitlich abhängigen Lachengröße das modifizierte Modell nach Briscoe u. Shaw und zur Berechnung des Verdampfungs massestromes das Verdunstungsmodell nach Meurer angewendet. Die Einbindung dieser und weiterer mathematischer Algorithmen erlaubt die Berücksichtigung praktischer und realer Verhältnisse.

Die maximale explosionsfähige Masse wird nach dem Lagrange'schen Partikelmodell berechnet, welches in der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 beschrieben ist. Das Lagrange-Ausbreitungsmodell beruht auf einer stochastischen Beschreibung des turbulenten Transports in einem mit mittlerer Windgeschwindigkeit bewegten Koordinatensystem⁵.

Es wird zusätzlich darauf hingewiesen, dass die betrachteten Stofffreisetzungen ursachenunabhängig angenommen werden. Somit wird bei den im Folgenden beschriebenen Szenarien nicht betrachtet, ob die Freisetzung verfahrenstechnisch oder durch Eingriffe Unbefugter verursacht wurde.

5.3 Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter

Ausflussmassestrom

Zur Untersuchung der bei einer Leckage freiwerdenden Gasmenge muss zunächst der Ausflussmassestrom berechnet werden. Dieser wurde unter Berücksichtigung der Ausflussfunktion (C) sowie der Ausflussziffer (K_{dg}) nach der folgenden Beziehung berechnet

$$\dot{m} = \frac{p_0 \cdot A \cdot C \cdot K_{dg}}{3600} \sqrt{\frac{M}{T \cdot Z}} \quad (\text{Gl. 1})$$

⁵ Quelle: VDI 3945 Blatt 3

Aufgrund des hier angenommenen Überdruckes⁶ im Gasraum der Gärbehälter von max 2 bar wird von einem unterkritischen Druckverhältnis ausgegangen. Weiterhin ist die Ausflussziffer zur Berechnung des Ausflussmassesstromes relevant. Die Ausflussziffer beschreibt die Geometrie des Lecks. Die liegt i.d.R. zwischen 0,38 (scharfkantig d.h.: hohe Reibungsverluste und verringerter Massestrom) und z.B.: 0,92 (runde Düse d.h.: wenig Reibungsverluste und erhöhter Massestrom). Die Freisetzung von Biomethan berücksichtigt die aus den Richtlinien TAA-GS-22 sowie KAS 18 empfohlene Geometrie der geöffneten Rohrleitung durch die

- Ausflussziffer (K_{dg}) 0,62 (scharfkantiges Leck).

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass sich der geringe Überdruck nicht sofort abbaut sondern in einem Zeitfenster konstant bleibt.

Meteorologische Stabilitätsklassen

Die meteorologischen Stabilitätsklassen haben Einfluss auf die Ausbreitung von Stoffkonzentrationen im Freiraum.

Zur Berechnung ist es möglich aus 3 Stabilitätsklassen zu wählen, um eine Gasausbreitung zu prognostizieren. Die Stabilitätsklassen werden im Wesentlichen von der Temperaturschichtung bestimmt.

Tabelle 1: Stabilitätsklassen

Temperaturschichtung	Beschreibung
indifferent	Gemäßigte Durchmischung
instabil	Starke Turbulenz, schnelle Vermischung
stabil	Keine Durchmischung

In der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 wird bei einer mittleren Ausbreitungssituation eine indifferente Temperaturschichtung ohne Inversion vorausgesetzt.

Da hier entsprechend dem Leitfaden KAS 18 /7/ von einer mittleren Ausbreitungssituation ausgegangen wird, wird zur weiteren Berechnung für alle Szenarien die Klasse:

- Indifferent

⁶ Angenommener Wert bei Versagen der Überdrucksicherung – entspricht Vorgaben aus KAS 32

gewählt.

Windgeschwindigkeit

Die häufigste Windgeschwindigkeit als meteorologische Standortbedingungen der hier betrachtenden Anlage kann, unter Angabe der Positionsangaben des World Geodetic System 1984 (WGS 84) für den hier zu untersuchenden Standort, durch das verwendete Berechnungsprogramm ProNuSs v9 ermittelt werden. Dazu greift das Programm auf Erfahrungen bekannter Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur häufigsten Windgeschwindigkeit im Bezugszeitraum 1981-2000 zurück.

WGS Daten des Standortes⁷:

- Länge 52.611531 (Nord)
- Breite 13.594406 (Ost)

Häufigste Windgeschwindigkeit für den hier zu betrachtenden Standort:
(Quelle: ProNuSs v9)

- 2,2 m/s

durchgeführt.

Mit geringerer Windgeschwindigkeit steigt die Gefahr der Aufkonzentration von Gasmen- gen im Freiraum nach der Freisetzung. Eine Freisetzung der gesamten Gasmenge bei gleichzeitigem Vorhandensein von nahezu Windstille (1 m/s) und Inversionswetterlage würde zu höheren Ergebnissen führen, wäre jedoch hinsichtlich der sehr geringen Wahr- scheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens als exzeptioneller Störfall zu bewerten.

Weitere meteorologische Randbedingungen:

Zur quantitativen Abschätzung der Auswirkungen des Dennoch-Störfalls werden mete- orologische Randbedingungen gewählt, welche mittlere Ausbreitungssituationen be- schreiben.

- Umgebungstemperatur: 20 °C
- Witterung: kein Regen

⁷ Quelle: Google Maps 2021

Windrichtung:

Entsprechend der Aufgabenstellung soll eine windrichtungsunabhängige Begutachtung durchgeführt werden. Damit ist die Ermittlung eines Schutzradius in alle Richtungen möglich. Durch angrenzende Bebauungen können die ermittelten Entfernungen reduziert werden, da diese Bebauungen als Schutzbarriere dienen können, welche Auswirkungen einer Gasfreisetzung eindämmen.

Bodenrauigkeit

Auch die Bodenrauigkeit hat Einfluss auf die Ausbreitung der Gaswolke im Freiraum. Die Bodenrauigkeit beschreibt die allgemeine Ausbildung des Geländes und den Einfluss der Geländeausbildung auf die Turbulenz der Atmosphäre, welche wiederum die Verteilung der Gaswolke beeinflusst.

Die Bodenrauigkeit wird als mittlere Rauigkeitslänge für verschiedene Geländetypen gewählt. Es sind Mittelwerte von $z_0=0,2$ m bis $z_0=1,2$ m wählbar. Es ist notwendig diese Wahl an den tatsächlich vorhandenen örtlichen Begebenheiten anzupassen.

Mit Blick auf die Nachbarschaft sind in der mittleren Nachbarschaft gewerbliche Objekte und eigenbetriebliche Bebauungen anzufinden, welche als leichte Hindernisse fungieren können. Diese Objekte und wären mit der mittleren Bodenrauigkeitsklasse von 3 - 5 zu berücksichtigen.

Da mit geringerer Bodenrauigkeit die Ausbreitungsgebiete steigen, wird für zur konservativen Betrachtung unter Berücksichtigung dieser Einflüsse eine Bodenrauigkeitsklasse nach VDI 3783-1 von:

- 3

gewählt. Dies entspricht der mittleren Bodenrauigkeit von:

- $z_0 = 0,5$ m

TNO/Multi-Energy-Modell - Randbedingungen und Vorbetrachtungen

Gaswolken, welche wie in diesem Fall ursachenunabhängig explodieren, entwickeln im Freien nur sehr geringe Explosionsdrücke. Haupteinflussparameter ist der Grad der Turbulenz, der mit zunehmender Größe die Flammengeschwindigkeit und damit den Explosionsdruck ansteigen lässt. Diese Einflüsse der Turbulenz werden beim TNO-Modell durch die Wahl entsprechender Kategorien berücksichtigt, welche ansteigend von 1 bis

10 unterschiedliche Turbulenzgerade darstellen. Die Kategorie 1 hat einen geringen maximalen Explosionsüberdruck, während die Kategorie 10 eine starke Detonation beschreibt.

Die wesentliche Fragestellung zur Berechnung ist die Wahl einer zum Szenario korrespondierenden Kategorie. Zur Wahl der passenden Kategorie wird im ProNuSs-Handbuch als Hilfestellung die Matrix von Kinsella angegeben. Darin können die vor Ort angefundene Merkmale der Geländeausprägung in dem Merkmalen Zündungsenergie, Verblockung und Verdämmung berücksichtigt werden.

Zündungsenergie

Hoch: Die Zündung der Gaswolke erfolgt durch eine sehr starke Zündquelle, wie z. B. eine Freistrahlzündung aus einem Gebäude heraus oder durch ein Behälterbersten infolge einer Primärexplosion.

Gering: Die Zündquelle ist ein Funken, eine Flamme, eine heiße Oberfläche usw.

Verblockung

Hoch: In der Gaswolke befinden sich dicht gepackte Hindernisse (Rohrleitungen, Behälter). Das gesamte Volumen der Hindernisse beträgt mehr als 30 % des Volumens im betrachteten Bereich. Die Abstände zwischen den Hindernissen betragen weniger als 3 m.

Gering: In der Gaswolke befinden sich Hindernisse (Rohrleitungen, Behälter). Das gesamte Volumen der Hindernisse ist geringer als 30 % des Volumens im betrachteten Bereich. Die Abstände zwischen den Hindernissen sind größer als 3 m.

Keine: In der Gaswolke befinden sich keine oder nur wenigen Hindernisse.

Verdämmung

Hoch: Die Gaswolke wird durch den Boden und auf zwei oder drei Seiten durch Wände begrenzt.

Gering: Die Gaswolke wird durch den Boden begrenzt und kann bei der Explosion nach allen Seiten expandieren.

Die passende Kategorie wird somit anhand der örtlich gegebenen Parameter ausgewählt. Aufgrund der Gasfreisetzung aus einem LNG-Tank in einer Höhe von ca. 1 m und den dem Sachverständigen bekannten Bebauungsplänen des Betriebsgeländes kann

eine nennenswerte Verdämmung durch innerbetriebliche Bebauungen nicht ausgeschlossen werden. Mit Blick auf die Nachbarschaft sind in westlicher, bis südlicher Richtung unbebaute Flächen anzufinden.

Diese Faktoren werden bei der Wahl der korrespondierenden Kategorie in der Matrix von Kinsella berücksichtigt.

Mit der Matrix von Kinsella als Hilfestellung, wird unter den drei Parametern geringer Zündenergie, geringer Verblockung und hohe Verdämmung die Kategorie 3 - 5 empfohlen. Konservativ wird die

- Kategorie 5

gewählt.

Quellhöhe

Die effektive Quellhöhe beschreibt die Höhendifferenz zwischen der Freisetzungsquelle und der Geländeoberkante der tangierten Fläche, auf welcher die Auswirkungen untersucht werden sollen. Bei der Freisetzungsquelle des LNG-Tanks wird von einer bodennahen Quelle ausgegangen, welche z.B. durch Kollision verursacht werden konnte.

- 1 m üOK

Quellparameter – LNG-Tank

Liegender Tank mit folgenden Angaben:

- | | |
|--------------------------------|--------------------|
| - Länge: | 22,6 m |
| - Außendurchmesser: | 4,8 m |
| - Bruttovolumen (brutto): | 250 m ³ |
| - Menge (netto ⁸): | 101.250 kg |

Weitere stoffliche Parameter bei LNG-Freisetzung

- Lagertemperatur im LNG Tank: -150 °C⁹

⁸ Gemäß C5968_TH21_TCN_0000_0001-1-IFU-Design Basis-01

⁹ Gemäß C5968_TH21_TCN_0000_0001-1-IFU-Design Basis-01

6 Berechnungen

6.1 Freisetzungsmassestrom

Das freigesetzte tiefkalt-verflüssigte Gas ist eine siedende Flüssigkeit, welche zu einem Anteil sofort verdampft während die verbleibende Masse bei dem Auftreffen auf dem Boden eine Lache bilden wird, welche sich ausbreiten wird und anschließend ebenfalls Zeit- und temperaturabhängig verdampft. Damit müssen mathematische Modelle angewendet werden um

- die Spontanverdampfung,
- die Lachenbildung,
- die Lachenverdampfung und
- die Gasausbreitung

zu berechnen.

Das Modell nach Lautkaski wird zur Berechnung des Spray-Effektes, zur Berechnung der zeitlich abhängigen Lachengröße wird das modifizierte Modell nach Briscoe u. Shaw und zur Berechnung des Verdampfungsmassestromes das Verdunstungsmodell nach Meurer angewendet. Die Einbindung dieser und weiterer mathematischer Algorithmen erlaubt die Berücksichtigung praktischer und realer Verhältnisse. Eine Zweiphasenströmung wird nicht angenommen.

Bei der Freisetzung des tiefkalt-verflüssigten Methans wird ein Teil des freiwerdenden Massestromes aufgrund von Flashverdampfung und Sprayeffekten (lokale Aerosolbildung) spontan in den gasförmigen Zustand übergehen.

Der restliche Teil des freiwerdenden Massestromes wird in flüssiger Form freigesetzt und eine Lache mit steigendem Querschnitt bilden. Das nicht spontan verdampfte, flüssige Methan verdampft aus der Lache in einem der steigenden Lachenfläche proportionalen Massestrom. Die Berechnung wird mit einer Mediumtemperatur im Tank von $-150\text{ }^{\circ}\text{C}^{10}$ durchgeführt, wodurch sich bereits ein Überdruck im Tank von ca. 1,36 bar ausbildet, welcher die Freisetzung beschleunigt.

¹⁰ Gemäß C5968_TH21_TCN_0000_0001-1-IFU-Design Basis-01

Es ergibt sich ein Massestrom von

$$= 3,242 \text{ kg/s}$$

Dabei verdampfen 1,797 kg/s durch Flasch- und Spray-Verdampfung sofort und 1,445 kg/s treten flüssig aus und bilden am Boden eine Lache, welche zeitlich abhängig verdampft.

Es wird in Konvention zum Leitfaden KAS 18 eine Freisetzungsdauer von 600 Sekunden unterstellt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass der errechnete Ausflussmassestrom im gesamten Zeitraum von 600 Sekunden konstant bleibt.

Zur Berechnung einer Ausbreitung des zündfähigen Gebietes nach VDI 3783 Blatt 2 wird der volle Freisetzungsmassestrom von 3,242 kg/s angewendet.

6.2 Ergebnisse für Lachenausbreitung und Verdampfung im Szenario 2

Entsprechend vorliegender Informationen ist das befestigte Gelände unter den Tanks mit einem Gefälle und Rinnen ausgeführt um freigesetztes LNG weg von den Tanks in ein dafür vorgesehenes Auffangbecken zu leiten. Dies entspricht dem Stand der Technik bei LNG-Lageranlagen.

Das LNG- Auffangbecken hat eine Abmessung¹¹ von 5 x 5x 2,5 m. damit ist die Lachenoberfläche auf 25 m² begrenzt. Als Untergrund wird Beton gewählt. Der Lachenradius wird in folgender Abbildung dargestellt:

¹¹ Gemäß C5968_TH21_LST_0000_0001-1-IFU-Ausrüstungsliste-01

Zeit - Lachenradius

Freisetzung - LNG-Tank - Blumberg

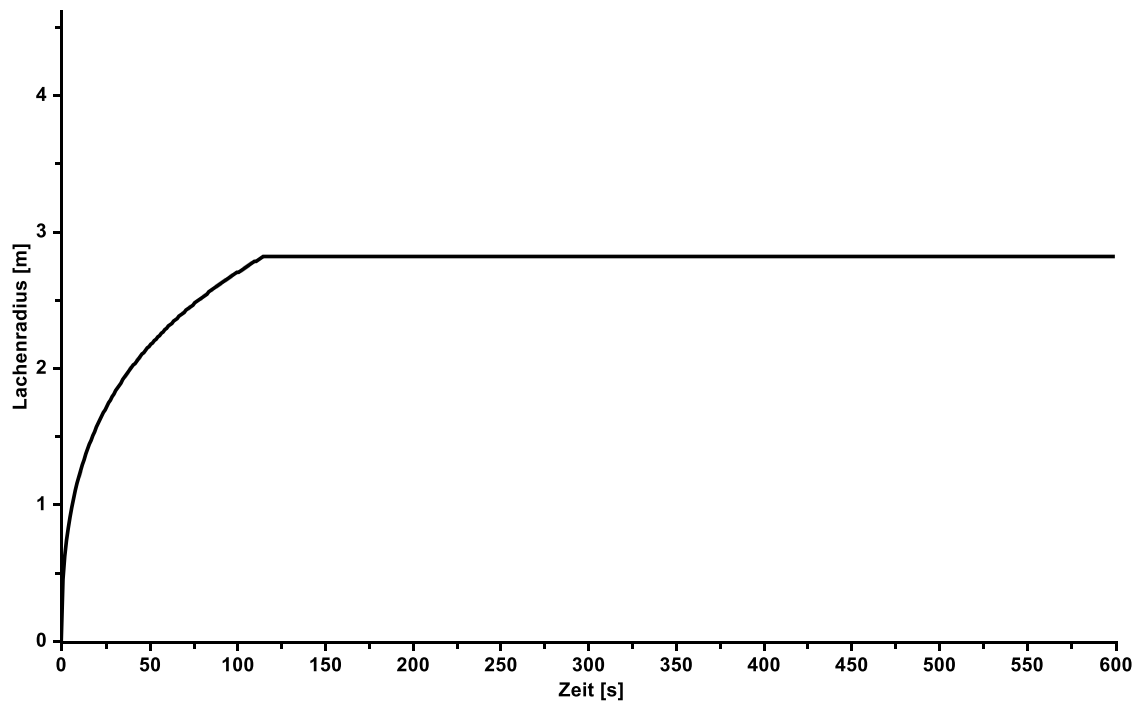


Abbildung 6-1: Lachenausbreitung - LNG

Der aus der Lache zeitlich abhängige Verdunstungsmassestrom, wird zusammen mit dem sofort verdampften Massestrom in folgender Abbildung dargestellt:

Zeit - Massenstrom

Freisetzung - LNG-Tank - Blumberg

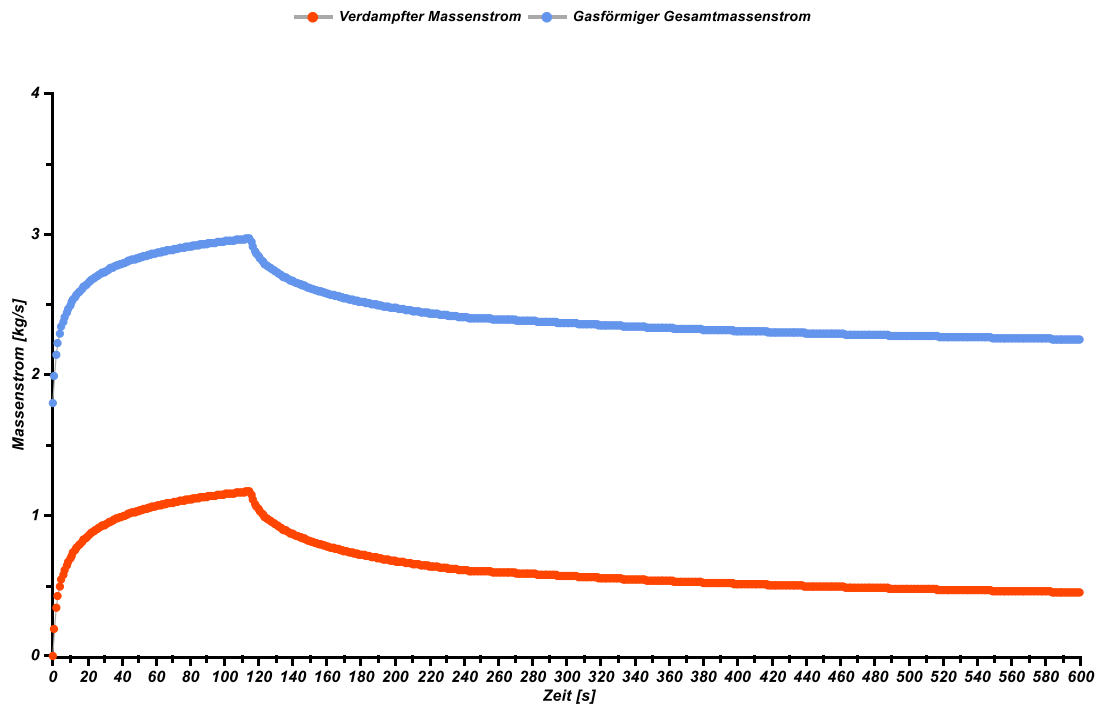


Abbildung 6-2: Massenströme - dampfförmig

Der Bereich zwischen den Graphen stellt den durch Flasch- und Spray-Verdampfung spontan verdampften Massestrom von 1,797 kg/s dar. Der aus der Lache verdampfte Massestrom verringert sich unter Zeiteinfluss aufgrund der Begrenzung der Lachenoberfläche durch das LNG-Auffangbecken und der Abkühlung der Umgebung, was eine weitere Ausgasung verlangsamt.

Der dampf-förmige Gasmassestrom wird mit dem Wind impulsfrei weiter transportiert. Die daraus ergehenden Entfernungen bis zum Unterschreiten der unteren Explosionsgrenze/Zündgrenze erfolgt im folgenden Abschnitt.

6.3 Ergebnisse für die Gasausbreitung

Bei der impulsfreien Weiterströmung der Gasmenge wird die untere Explosionsgrenze¹² (UEG) unter dem VDI 3783-2 Modell berechnet. Unter Verwendung der oben genannten Randbedingungen wird mit dem Programm ProNuSs in der Version 9, in welchem die VDI 3783 implementiert ist, die untere Zünddistanz (UZD) für eine kontinuierliche Freisetzung berechnet.

Es kommen zwei charakteristische Ausbreitungsgebiete der VDI-Richtlinie 3783-2 zum Einsatz. Das Ausbreitungsgebiet Ausbreitungsgebiet XIX „*Gleichförmige Bebauung Typ 1*“ gemäß VDI3783-2 geht von einer mittleren Bebauung, welches den hier vorzufinden Anlagenstandort abbildet, als Windbarriere aus. Dieses Ausbreitungsgebiet kommt für den hier untersuchten Standort in Frage, da vereinzelt innerbetriebliche Gebäude anässig sind. Da die Tanks an der westlichen Anlagengrenze aufgestellt sind und in westlicher Richtung unbebaute Flächen angrenzen, kann das Ausbreitungsgebiet I „*Ebenes Gelände ohne Hindernisse*“ bei östlicher Windrichtung zum Tragen kommen.

Die folgenden Abstandsangaben gelten von jeweils von jedem der 10 LNG Tanks und dem LNG-Auffangbecken, als einheitliche Freisetzungquelle. Dabei ist eigentlich von zwei Freisetzungquellen auszugehen: die spontan verdampfte Gasmenge ausgehend des jeweiligen beschädigten LNG-Tanks und die aus der Lache verdampfende Gasmenge aus dem LNG-Auffangbecken. Vereinfacht wird der geringe Abstand von ca. 5 m vernachlässigt.

Die Ergebnisse der Berechnungen nach VDI 3783 – Blatt 2 sind wie folgt:

Tabelle 6-1: untere Zünddistanz gemäß VDI 3783 - Blatt 2 - Biomethan

Ausbreitungsgebiet	untere Zünddistanz (UZD) mittlere Ausbreitungssituation
<i>I Ebenes Gelände ohne Hindernisse</i>	112 m
<i>XIX Gleichförmige Bebauung Typ 1</i>	51 m

Diese Entfernung kann durch Schutzwände bzw. Wälle wirksam vermindert bzw. verhindert werden.

¹² Auch: untere Zünddistanz (UZD)

6.4 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung

Es werden die Druckauswirkungen einer ursachenunabhängigen Zündung der explosionsfähigen Wolke betrachtet. Dabei kommen gleiche Randbedingungen wie im Abschnitt 5 beschrieben, zum Einsatz.

Quellparameter

(Ergebnisse der Berechnung nach VDI 3783-2)

Ausbreitungsgebiet	Freigesetzte zündfähige Masse nach VDI 3783 - 2 (Methan)
<i>I Ebenes Gelände ohne Hindernisse</i>	77 kg
<i>XIX Gleichförmige Bebauung Typ 1</i>	31 kg

Konservativ wird mit der höheren explosionsfähigen Masse im Ausbreitungsgebiet I „*Ebenes Gelände ohne Hindernisse*“ der Explosionsdruckverlauf als Funktion über der Entfernung für die mittlere Ausbreitungssituation berechnet und in der Abbildung 4-7 dargestellt.

Explosionsüberdruck

Freisetzung - LNG-Tank - Blumberg
Ausbreitungsgebiet I „Ebenes Gelände ohne Hindernisse“

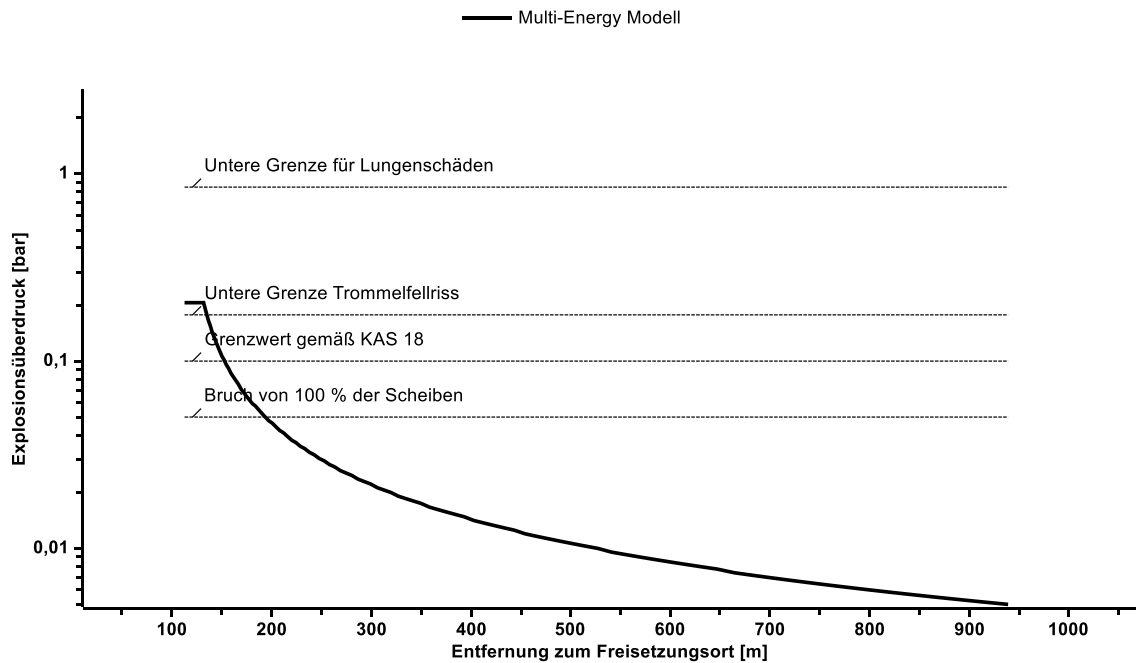


Abbildung 6-3: Explosionsüberdrücke – ausgehend LNG-Tank und Auffangbecken

Bewertung möglicher Auswirkungen:

Folgende Schadensbilder sind dem Programm-Handbuch entnommen und basieren auf Forschungsberichten des Umweltbundesamtes (UBA) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

Tabelle 6-2: Glasschäden

Glasschäden		
Bruch von 100 % der Scheiben	0,05 bar	ca. 194 m

Tabelle 6-3: Personenschäden

Personenschäden		
Grenzwert gemäß KAS 18	0,1 bar	ca. 153 m
Untere Grenze Trommelfellriss	0,175 bar	ca. 135 m
Untere Grenze für Lungenschäden	0,85 bar	Nicht erreicht
Untere Grenze für ernste Lungenschäden	1,85 bar	Nicht erreicht
Untere Letalitätsgrenze	2,05 bar	Nicht erreicht

Nach einer angenommenen Zündung liegt die maximale Entfernung für schwere Glaschäden bei ca. 194 m. Der Toleranzbelastungswert für Spitzenüberdrücke ist gemäß dem Leitfaden KAS 18 mit 0,1 bar definiert und wird in diesem Fall bei bis zu 153 m erreicht.

6.4.1 Berechnung der Wärmestrahlungsauswirkungen bei einem Wolkenbrand

Aufgrund des Schwergascharakters bildet sich eine bodennahe, flache Gaswolke. Diese wird zu Berechnung als Quader approximiert. Die strahlenden Flächen ergeben sich dann aus der unteren Zünddistanz und der Gaswolkenhöhe bzw. in Strömungsrichtung durch die Wolkenbreite und die Wolkenhöhe. Es kann eine senkrecht stehende strahlende Fläche mit den genannten Abmaßen angesetzt werden. Die Gaswolkendimensionen werden aus den vorherigen Szenarien übernommen.

Abbildung 6-4 zeigt die maximale Bestrahlungsstärke ohne Hindernisse in 1 m Höhe über dem Boden. Es wird unter erschwerten Bedingungen davon ausgegangen, dass die bestrahlte Fläche/das exponierte Objekt in der Windrichtung (in Lee) befindet und somit mit der größtmöglichen Wärmestrahlung ausgesetzt ist. Die berechneten Entfernungsangaben stellen den Abstand vom Rand der zündfähigen Wolke dar.

Bestrahlungsstärke in Lee

Abbrand einer Schwergaswolke
Ausbreitungsgebiet: Ausbreitungsgebiet I: Ebenes Gelände ohne Hindernisse
Freisetzung - LNG-Tank - Blumberg

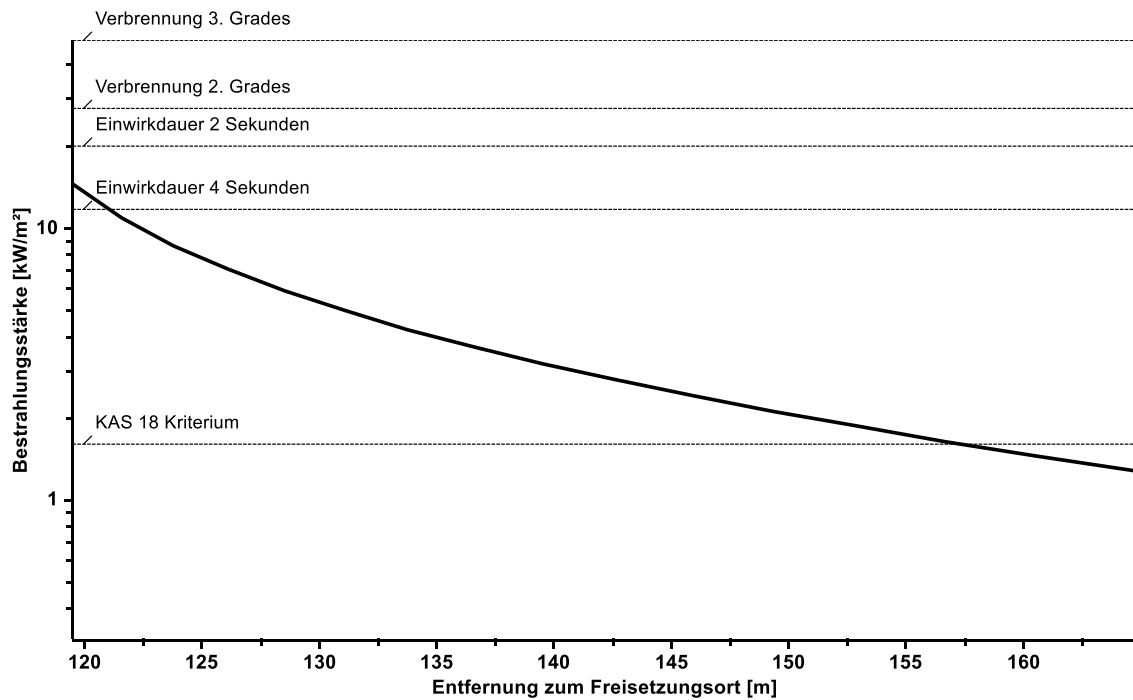


Abbildung 6-4: Wärmestrahlung als Abstand von der Quelle

Der Leitfaden KAS 18 der Kommission für Anlagensicherheit empfiehlt eine Bestrahlungsstärke von 1,6 kW/m² als Grenze für nachteilige Wirkungen. Dieser Wert gilt für Brände mit beliebig langen Einwirkzeiten und ist bei ca. 157 m erreicht. Dieser Grenzwert gilt für Brände und eine unbestimmt lange Branddauer und ist daher auf längere Einwirkzeiten¹³ anzusetzen.

Jedoch ist bei der Untersuchung von Wärmestrahlungsauswirkungen bei einer Gaswolkenexplosion die Branddauer bzw. Dauer der Strahlungseinwirkung zu berücksichtigen. Bei einer Kohlenwasserstoffwolke ist aufgrund der Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit mit einer geringeren Branddauer von einigen Sekunden zu rechnen.

Es wird unter realistischen Betrachtungen eine Brenndauer von ca. >1 und < 4 Sekunden unterstellt. Für diese Einwirkzeiten setzt der Leitfaden KAS 18 die Grenzwerte 11,7 kW/m² bei 4 Sekunden und 19,9 kW/m² bei 2 Sekunden Strahlungsdauer bis zum Erreichen der Schmerzgrenze ungeschützter Personen. Das Erreichen dieser Werte wird ab ca. 121 m hinter Quelle nicht mehr unterstellt.

¹³ z.B.: Brand eines Tanklagers etc.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit mit schwerwiegenden Einwirkungen innerhalb kürzester Zeit gerechnet werden muss, wenn sich das exponierte Objekt zum Zeitpunkt der wirksamen Zündung innerhalb der Wolke, dessen Rand durch die Unterschreitung der UEG gekennzeichnet ist, aufhält.

6.4.2 Berechnung der Wärmestrahlungsauswirkungen bei einem Wolkenbrand

Wie bereits erwähnt, wird das LNG mittels Gefälle und Ablaufrinnen bei Freisetzung zu einem LNG-Auffangbecken geleitet, damit sich die Lachenfläche nicht unkontrolliert ausbreiten kann und eine Unterfeuerung der LNG-Tanks verhindert wird.

Sollte sich das LNG in dem Auffangbecken entzünden, wird sich daraus ein Lachenbrand entwickeln. Die daraus resultierenden Wärmestrahlungsauswirkungen werden berechnet.

Es kommt das Zylinderstrahlenmodell zum Einsatz. Als Modell für die Flammenhöhe wird das Modell nach Becker, Huth und Müller verwendet, da dieses für rechteckige Tanktasse am plausibelsten ist. Das LNG-Auffangbecken hat eine Oberfläche von 5 x 5 m.

Bestrahlungsstärke

Brand in einer Auffangwanne
Brennstoff: Methan
Tiefe der Auffangwanne [m]:5,0
Breite der Auffangwanne [m]:5,0
LNG-Blumberg

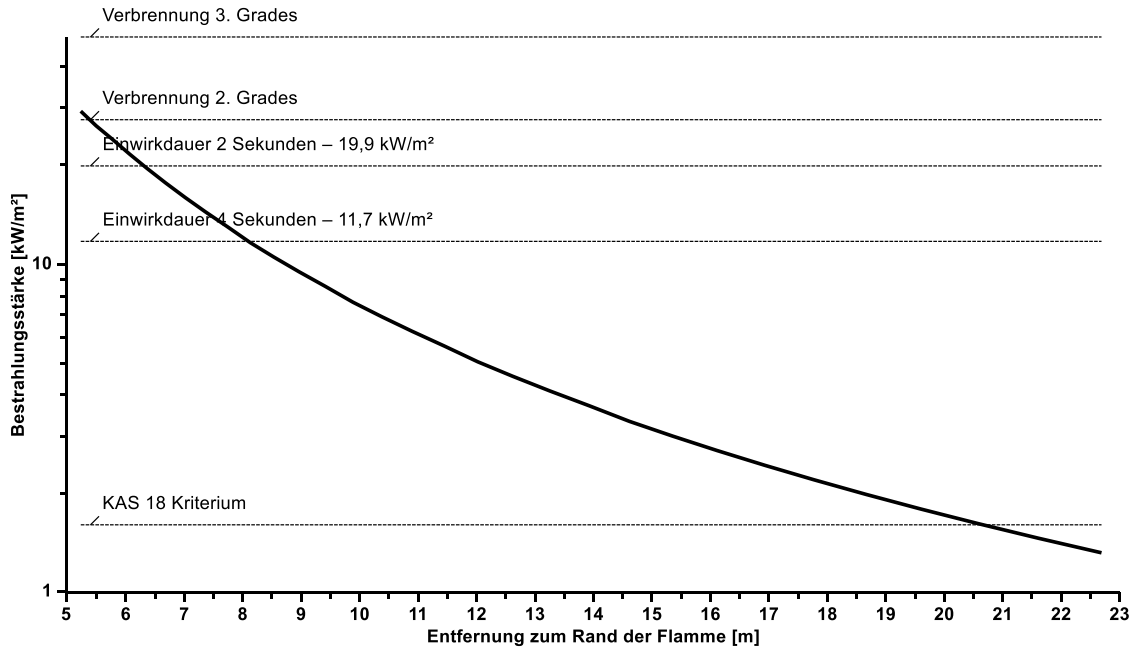


Abbildung 6-5: Wärmestrahlung Brand der Auffangwanne

Die Bestrahlungsstärke von 1,6 kW/m² als Grenze für nachteilige Wirkungen wird bei ca. 21 m hinter der Wannenwand erreicht. Die Schmerzgrenze bei 4 Sekunden Strahlungsdauer wird bei bis zu 6 m erreicht.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit mit schwerwiegenden Einwirkungen innerhalb kürzester Zeit gerechnet werden muss, wenn sich das exponierte Objekt zum Zeitpunkt der wirksamen Zündung innerhalb der Wolke, dessen Rand durch die Unterschreitung der UEG gekennzeichnet ist, aufhält.

7 Schlussfolgerungen

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die zu erwartenden Auswirkungen von Dennoch-Störfällen unter den beschriebenen Szenarien untersucht. Dabei wurden von der usacheunabhängigen Freisetzung aus einem der 10 LNG-Tanks ausgegangen, da diese Anlagenteile das höchste Störfallpotential auf dem Gelände aufweisen.

Die größten Abstände ergeben sich durch die Gefährdung durch den Explosionsdruck bei Zündung der freigesetzten Gaswolke, welche bis zu 151 m von der Quelle betragen kann.

Mit Blick auch die örtliche Lage und nach Auswertung der Ergebnisse der untersuchten Szenarien mit ungünstigen Annahmen, kann zusammenfassend festgestellt werden, dass sich im aktuellen Planungsstand unabhängig von der Windrichtung keine schutzbedürftigen Gebiete im Sinne des § 50 Satz 1 BImSchG sowie Leitfaden KAS 18 innerhalb einer kritischen Entfernung angesiedelt sind.

Es wird darauf hingewiesen, dass hinsichtlich der Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne § 3 Abs. 5c) BImSchG im Genehmigungsverfahren die Abstandskriterien gemäß Leitfaden KAS 18 anzusetzen sind. Diese sind für den Explosionsdruck bei 0,1 bar, für die Wärmestrahlung bei 1,6 kW/m² oder für toxische Auswirkungen bei dem ERPG-2-Wert für 60 Minuten festgelegt. In diesem Fall beträgt die größte Abstandsberechnung 151 m bis zum Unterschreiten des Akzeptanzkriteriums für den entstehenden Druck bei einer Gaswolkenzündung.

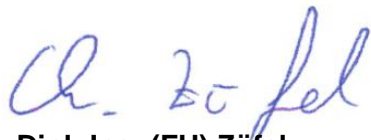
- Der Sachverständige empfiehlt die Festlegung eines angemessenen Sicherheitsabstandes bei 180 m bedingt durch die Überschreitung des Akzeptanzkriteriums für den Explosionsdruck von 0,1 bar bei einer Gaswolkenzündung.

Dieser Sicherheitsabstand kann für heranrückende Neuansiedlungen von der Anlagen- grenze aus bemessen werden. Zudem gilt dieser ermittelte Sicherheitsabstand nur in der aktuellen Anlagenspezifikation. Sollten sich die technische Anlagenspezifikation hinsichtlich der möglichen Errichtung neuer Gasspeicher signifikant ändern, ist der oben genannte Sicherheitsabstand rechnerisch neu zu bewerten.

Es wird darauf hingewiesen, dass die hier herangezogenen Szenarien in Konvention mit den im Abschnitt 3.2 des Leitfadens KAS 18 beschriebenen Randbedingungen stehen. Damit sind diese Szenarien entsprechend KAS 18 Abschnitt 2.2.2 über Erfüllung der

Genehmigungsvoraussetzungen nach BImSchG hinaus, auch zur Bauleitplanung anwendbar.

Zu den Berechnungsergebnissen ist zusätzlich zu erwähnen, dass diese als sehr konservativ zu betrachten sind. Dies wird auch durch die Annahmen nach Kapitel 3.2 des Leitfadens KAS 18 unterstützt, wonach der Verlust des gesamten Stoffinventars und der größten zusammenhängenden Menge, Behälterbersten und der Abriss sehr großer Rohrleitungen bei Szenarien zum land-use-planing nicht zu berücksichtigen sind, da diese Szenarien bei Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik als zu unwahrscheinlich angenommen werden.



Dipl.-Ing. (FH) Zöfel

nach § 29b BImSchG

bekanntgebener Sachverständiger

der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

