



- ◆ **Umweltgutachten**
- ◆ **Genehmigungen**
- ◆ **Betrieblicher  
Umweltschutz**



## **Gemeinde Ohmden**

### **Bebauungsplan „Grubäcker II“**

---

### **Abstand der geplanten Wohnbebauung „Grubäcker 2“ zu dem bestehenden Flüssiggaslager der Friedrich Scharr KG**

---

Auftraggeber: Gemeinde Ohmden  
Projektnummer: 2505  
Bearbeiter: Dr.-Ing. Frank Dröscher  
Karina Traub, M. Sc.

Dieser Bericht umfasst 16 Blätter  
sowie 30 Blätter im Anhang.

**Ingenieurbüro für  
Technischen Umweltschutz  
Dr.-Ing. Frank Dröscher**

Lustnauer Straße 11  
72074 Tübingen

Ruf 07071 / 889 - 28 -0  
Fax 07071 / 889 - 28 -7  
Buero@Dr-Droescher.de

5. August 2020

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Geplante Wohnbebauung</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Bestehendes unterirdisches Flüssiggas-Tanklager</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Schutzabstände gemäß technischem Regelwerk</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Planungsempfehlungen</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Quellen</b>	<b>16</b>

### **Anhang**

ProTech Energiesysteme GmbH:  
Ausbreitungsrechnung für Flüssiggas gemäß VDI 3783, Bl. 2

## **1 Aufgabenstellung**

Die Gemeinde Ohmden bereitet derzeit die Aufstellung des Bebauungsplans „Grubäcker 2“ vor. Das Plangebiet befindet sich ca. 1 km nordöstlich des Zentrums von Ohmden und umfasst eine Fläche von ca. 3,7 ha. Das Plangebiet wird im Westen durch bestehende Wohnbebauung, im Süden durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und im Norden durch die Zeller Straße begrenzt. Östlich an das Plangebiet grenzt ein unterirdisches Flüssiggas-Tanklager sowie eine Grünschnittsammelstelle an. Das Flüssiggas-Tanklager dient der zentralen Gasversorgung für das bestehende Baugebiet Grubäcker.

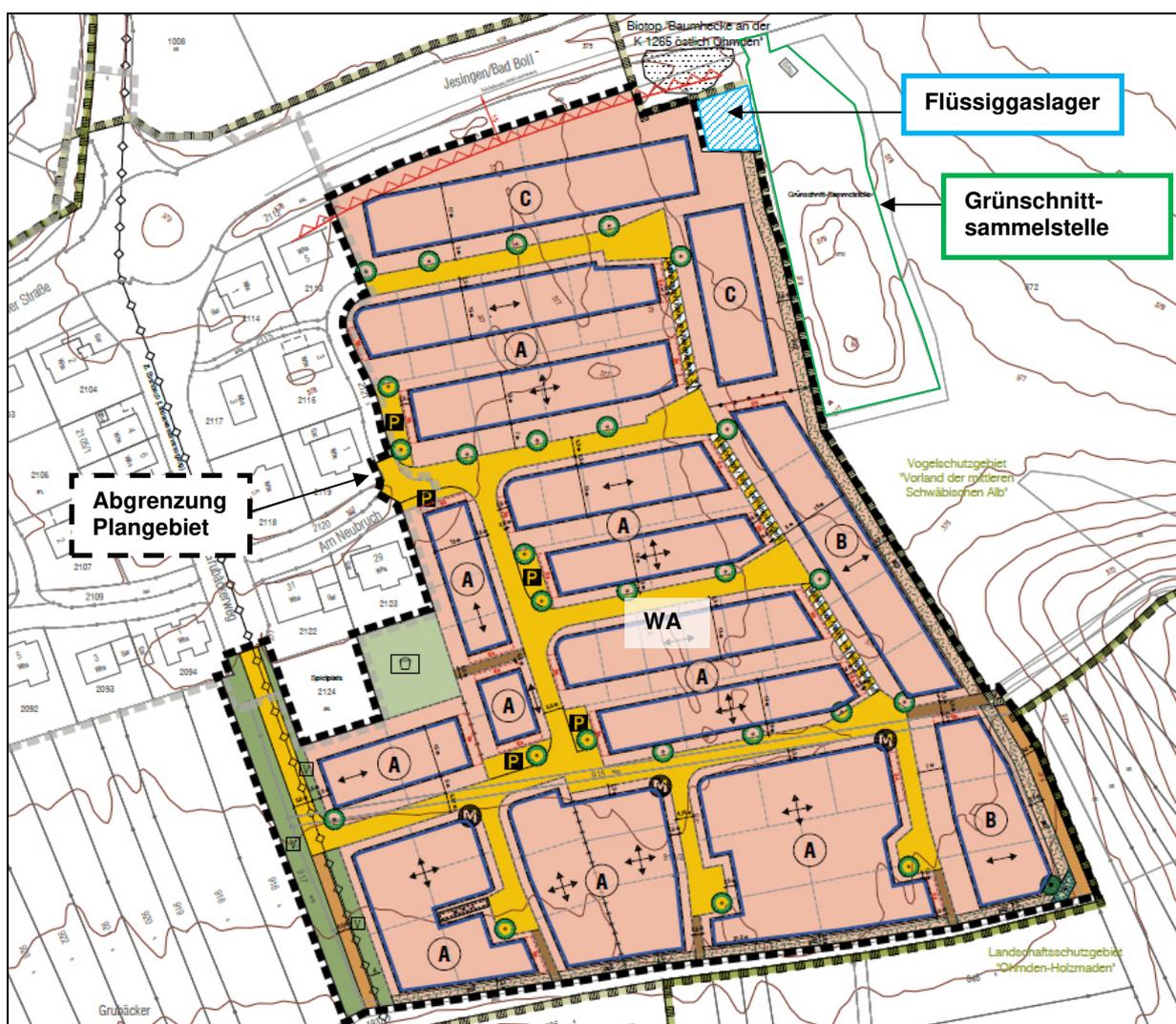
Im Plangebiet „Grubäcker 2“ ist insbesondere die Entwicklung von Wohnbebauung vorgesehen. Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens ist der Abstand zu den bestehenden unterirdischen Flüssiggas-Lagerbehältern aus Gründen der Anlagensicherheit zu prüfen und sind ggf. Maßnahmen zur Minderung des Sicherheitsabstands zu treffen.

Die vorliegende Ausarbeitung bewertet den Abstand der geplanten Wohnbebauung „Grubäcker 2“ von dem bestehenden Flüssiggaslager der Friedrich Scharr KG aus sicherheitstechnischer Sicht. Die Abstandsverhältnisse werden anhand der derzeit gültigen Regelwerke - entsprechend der Vorgaben der VDI 3783 Blatt 2 und TRBS 3146 - neu ermittelt und bewertet. Soweit Schutzvorkehrungen an der Flüssiggasanlage und/oder an der Bebauung im Plangebiet erforderlich oder empfehlenswert sind, werden diese vorgeschlagen.

## 2 Geplante Wohnbebauung

Das Plangebiet „Grubäcker 2“ befindet sich ca. 1 km nordöstlich des Zentrums von Ohmden und umfasst eine Fläche von ca. 3,7 ha. Das Plangebiet wird im Westen durch bestehende Wohnbebauung, im Süden durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und im Norden durch die Zeller Straße begrenzt. Östlich an das Plangebiet grenzt das Grundstück mit dem bestehenden Flüssiggaslager sowie eine Grünschnittsammelstelle an.

Das Plangebiet soll als Wohngebiet entwickelt werden. In der folgenden Abbildung 1 sind der Vorentwurf zum Bebauungsplan „Grubäcker 2“ gemäß derzeitigem Planungsstand sowie das angrenzende Grundstück mit dem Flüssiggaslager /4/ dargestellt.



**Abbildung 1: Vorentwurf zum Bebauungsplan „Grubäcker 2“ /4/**

Abbildung 2 zeigt die Abstände der geplanten Bebauung zu den Domdeckeln der Flüssiggastanks. Abbildung 3 veranschaulicht die Höhenentwicklung der geplanten Bebauung in den Baufeldern C.

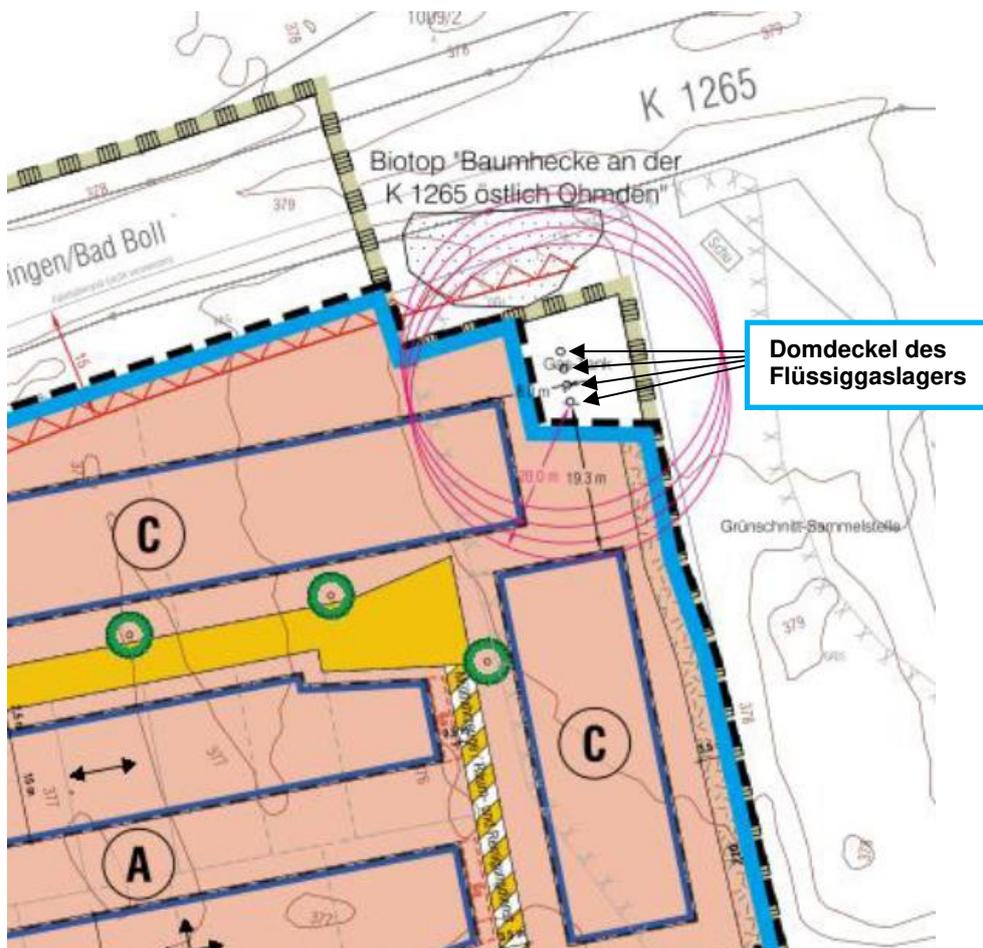


Abbildung 2: Abstände der geplanten Bebauung zu den Domdeckeln der Flüssiggastanks /5/

Ⓒ FD 0° - 5°  
2 - 3 Vollgeschosse

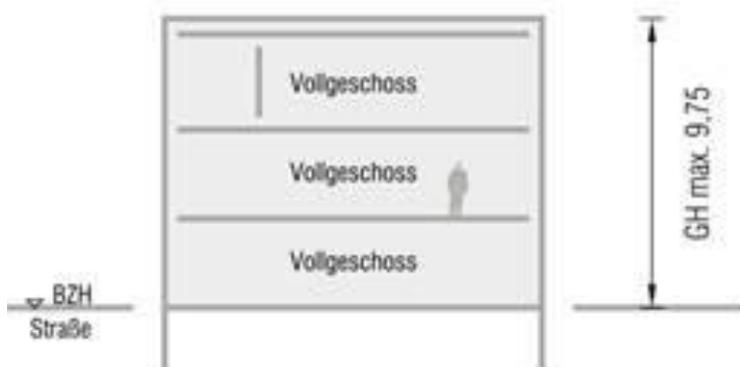


Abbildung 3: Höhenentwicklung der geplanten Bebauung in den Baufeldern C /4/

### **3 Bestehendes unterirdisches Flüssiggas-Tanklager**

Das bestehende unterirdische Flüssiggas-Tanklager der Friedrich Schaar KG auf dem Flst.-Nr. 872 in Ohmden dient der zentralen Gasversorgung für das bestehende Baugebiet Grubäcker. Es umfasst vier Lagertanks mit einem Fassungsvermögen von jeweils 2,9 t. Insgesamt fasst die Lageranlage 11,6 t.

Eigentümerin des Grundstücks, das als Einlagerungsort für die Flüssiggas-Lagerbehälter dient, ist die Gemeinde Ohmden. Die Friedrich Scharr KG ist Eigentümerin und Betreiberin der Anlage nebst dazugehörigen Einrichtungen, Zuleitungen, Zählern und sonstigem Zubehör. Es existiert ein Gestattungsvertrag zwischen der Gemeinde Ohmden und der Friedrich Scharr KG.

Die Errichtung und den Betrieb des unterirdischen Flüssiggasverbrauchslagers der Friedrich Schaar KG (Flst. Nr. 872, Ohmden) wurde im Jahr 2004 immissionsschutzrechtlich vom Landratsamt Esslingen genehmigt /4/. Es wurden insgesamt acht Flüssiggasbehälter für das Flüssiggasverbrauchslager mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 23,2 t (8 x 2,9 t) immissionsschutzrechtlich genehmigt. Tatsächlich wurden bislang nur vier Behälter mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 11,6 t (4 x 2,9 t) installiert. Da der Geltungsbereich des Bebauungsplans „Grubäcker 2“ nicht mit Flüssiggas versorgt werden soll, wird das Flüssiggaslager auf dem Flurstück 872 nicht erweitert. Es umfasst unverändert vier Flüssiggasbehälter.

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens wurde bereits damals geprüft, ob die Domschächte des damals geplanten Lagers ausreichende Sicherheitsabstände zu der ca. 13,5 m entfernten Grünschnittsammelstelle des Abfallwirtschaftsbetriebs des Landkreises Esslingen, zu der ca. 23 m entfernten Kreisstraße K 1265 und zu der bereits damals in einem Abstand von 20 m geplanten Bebauung des Plangebietes „Grubäcker 2“ aufweist.

Diese Prüfung basierte auf einer sicherheitstechnischen Bewertung der Fa. ProTech Energiesysteme, Frielzheim, /7/ auf Grundlage einer Ausbreitungsberechnung für schwere Gase nach VDI 3783 Blatt 2.

Die Ausbreitungsberechnungen ergaben damals, dass ein Schutzabstand von 18,5 m von den Domdeckeln der unterirdischen Lagertanks zu den schutzbedürftigen Nutzungen in der Umgebung einzuhalten ist, wenn keine besonderen Schutzvorkehrungen ergriffen werden. Somit musste in Richtung der nur ca. 13,5 m entfernten Grünschnittsammelstelle eine besondere Schutzvorkehrung ergriffen werden.

Bei Flüssiggas handelt es sich um ein Schwergas, das wesentlich schwerer als Luft ist und sich deshalb – ähnlich wie Wasser – am Boden sammelt und sich in unmittelbarer Bodennähe ausbreitet.

Daher ist es möglich, bei Windstille und Schwachwind die Ausbreitung von Flüssiggas bereits mit relativ niedrigen Hindernissen, wie Erdwällen, zu unterbinden. Bei stärkeren Winden kommt es zwar zu einem Überströmen der Hindernisse, doch führt die bei Überströmen des Hindernisses erzeugte Turbulenz zu einer starken Verdünnung des Gases mit der Umgebungsluft und einer Unterschreitung der Zündgrenze der Schwergaswolke.

Dies gilt sowohl dann, wenn die Emissionsquelle in Strömungsrichtung hinter dem Hindernis liegt (leeseitiger Wall oder Schutzzaun), als auch dann, wenn die Emissionsquelle in Strömungsrichtung vor dem Hindernis liegt (luvseitiger Wall oder Schutzzaun).

Als besondere Schutzvorkehrung in Richtung der nur ca. 13,5 m entfernten Grünschnittsammelstelle wurde damals ein 0,3 m hoher Erdwall angelegt, der als „Schutzzaun im Lee“ bei störfallbedingten Gasaustritten das Ausbreitungsgebiet der zündfähigen Schwergaswolke in Richtung Grünschnittsammelstelle beschränkt. Der tatsächliche Abstand übertraf den erforderlichen Sicherheitsabstand von 5,6 m bei weitem.

Da der Geltungsbereich des Bebauungsplans „Grubäcker 2“ nicht mit Flüssiggas versorgt werden soll, wird das Flüssiggaslager auf dem Flurstück 872 nicht erweitert. Es umfasst unverändert vier Flüssiggasbehälter.

Das Flüssiggaslager besteht aus vier Behältern mit einem Fassungsvermögen von jeweils 2,9 t. Das Grundstück ist derzeit mit einem Zaun abgegrenzt und im östlichen Bereich in Richtung der Grüngutsammelstelle befindet sich derzeit ein ca. 30 cm hoher Wall. Die örtlichen Gegebenheiten der Grüngutsammelstelle gehen aus der Fotodokumentation in Abbildung 4 hervor.



**Abbildung 4: Flüssiggaslager: a) Domdeckel, Blickrichtung Norden b) Lüftungsöffnungen im Bereich des vorhandenen Erdwalls (links im Bild), Blickrichtung Süden.**

## 4 Schutzabstände gemäß technischem Regelwerk

Die Anforderungen an Schutzabstände zwischen der geplanten Wohnbebauung und dem bestehenden unterirdischen Flüssiggas-Tanklager ergeben sich aus dem rechtsverbindlichen technischen Regelwerk.

Maßgeblich sind die technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 3146: Ortsfeste Druckanlagen für Gase /2/. Diese führen in Bezug auf das hier zu beurteilende unterirdische Flüssiggas-Tanklager unter Nr. 4.5.3.2 aus:

Nr. 4.5.3.2 Sicherheitsabstand und Begrenzung der Ausbreitung freigesetzter Gase

- (1) Zu ortsfesten Druckanlagen für Gase muss ein Sicherheitsabstand vorhanden sein, außerhalb dessen bei Freisetzung gemäß TRGS 407 Nummer 3.2.4 Absatz 2
  1. von entzündbaren Gasen das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen werden kann; dieser Sicherheitsabstand muss unabhängig von explosionsgefährdeten Bereichen festgelegt sein, [...]
- (2) Der Sicherheitsabstand muss mittels einer Ausbreitungsrechnung festgelegt sein, z. B. nach VDI-Richtlinie VDI 3783 [...] Blatt 2 für Gase schwerer als Luft. Dabei ist eine mittlere Ausbreitungssituation zugrunde zu legen. Für die Ausbreitungsberechnung sind
  1. die maximal mögliche Menge/der maximal mögliche Mengenstrom freigesetzten Gases (siehe Absatz 3),
  2. die Grenzwertkonzentration des freigesetzten Gases (siehe Absatz 4) und
  3. die Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen (siehe Absatz 5) zu berücksichtigen.
- (3) Bei der Festlegung der maximal möglichen Menge/des maximal möglichen Mengenstroms freigesetzten Gases gemäß Absatz 2 Nr. 1 ist zu berücksichtigen, ob durch eine Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb die gleichzeitige Freisetzung von Gas an mehreren Stellen erfolgen kann. Ist dies der Fall, sind die gleichzeitig freigesetzten Gasmengen zu berücksichtigen.
- (4) Die Grenzwertkonzentration gemäß Absatz 2 Nr. 2 ist die Konzentration, unterhalb derer
  1. bei entzündbaren Gasen das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen werden kann; davon kann ausgegangen werden, wenn die untere Explosionsgrenze (UEG) nicht überschritten wird, [...]
- (5) Bei der Festlegung der Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen gemäß Absatz 2 Nr. 3 sind jeweils die besonderen Randbedingungen für den Standort zu berücksichtigen.
- (6) Für ortsfeste Druckanlagen für Flüssiggas mit einem Fassungsvermögen  $\leq 3$  t beträgt der Sicherheitsabstand 3 m. Für Einschränkungen des Sicherheitsabstands siehe Nummer 4.1 Absatz 2.

Demnach besteht die besondere Gefährdung im Betrieb des hier zu beurteilenden Flüssiggas-Tanklagers in der möglichen Bildung von explosionsfähigen Flüssiggas-Luft-Gemischen. Eine besondere Brandgefährdung besteht bei dem unterirdischen Tanklager deshalb nicht, weil die Lagerung unter Ausschluss von Luftsauerstoff erfolgt.

Die bestehende Flüssiggas-Tankanlage ist mit sicherheitstechnischen Einrichtungen entsprechend dem Stand der Technik ausgestattet. Die Druckfestigkeit und Dichtigkeit der Tankanlage werden regelmäßig geprüft. Dabei muss die Druckfestigkeit und Dichtigkeit bei gegenüber dem bestimmungsgemäßen Betrieb erhöhten Prüfdrücken nachgewiesen werden. Im bestimmungsgemäßen Betrieb kommt es somit nicht zu Flüssiggasaustritten.

Zudem ist die unterirdische Anlage vor Umgebungseinflüsse weitestgehend geschützt aufgestellt, sodass Außeneinwirkungen nahezu auszuschließen sind. Ein vollständiges Versagen von technischen Einrichtungen ist somit als vernünftigerweise ausschließbare Gasfreisetzungen nicht zu unterstellen.

Die sicherheitstechnische Betrachtung bezieht sich im Rahmen einer Konvention auf hypothetische, vernünftigerweise nicht ausschließbare kleine Gasfreisetzungen, wie

- Tropfverluste beim Abkuppeln des Füllanschlusses (spontane Gasfreisetzung)
- Undichtigkeiten von Füllverbindung (kontinuierliche Gasfreisetzung)

Flüssiggas ist ein Gemisch von Propan und Butan und ist geruchsbehaftet. Die Geruchsschwelle von Propan liegt bei 0,5 - 2 Vol-% und bei n-Butan bei 0,5 Vol-%. Die sicherheitstechnisch relevante untere Explosionsgrenze von Propan liegt bei 1,7 Vol-%, die von n-Butan bei 1,5 Vol-%. Die Zündtemperatur in Luft beträgt 430-510 °C /8/ und /9/.

Eine explosionsfähige Flüssiggas-Luft-Atmosphäre ist somit sensorisch wahrnehmbar. Neben den technischen Schutzvorkehrungen besteht die Möglichkeit einer Alarmierung durch künftige Anwohner und Nutzer der Grünschnittsammelstelle.

Als Grundlage für die weitere Beurteilung wurde die ProTech Energiesysteme GmbH damit beauftragt, gemäß der aktuellen Fassung der TRGS 3146, den erforderlichen Sicherheitsabstand mittels einer **Ausbreitungsrechnung gemäß VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 2** für Schwergase zu ermitteln. Die entsprechende gutachtliche Ausarbeitung der ProTech Energiesysteme GmbH findet sich im **Anhang**.

Die Ausarbeitung leitet in nachvollziehbarer Weise die im weiteren betrachteten Freisetzungsszenarien für den Fall einer spontanen und den Fall einer kontinuierlichen Gasfreisetzung her. Demnach führen Flüssigkeitsleckagen zu wesentlich größeren Freisetzungen als Gasleckagen. Die Flüssigkeitsleckagen sind somit nach TRGS 3146 Nr. 4.5.3.2 für die Bestimmung der maximal möglichen Menge bzw. des maximal möglichen Mengenstroms freigesetzten Gases maßgeblich. Unbeabsichtigte Flüssigkeitsleckagen können im Wesentlichen nur bei der Befüllung der Tanks aus dem Tankfahrzeug eintreten.

Die Tankanlage mit den vier Erdtanks verfügt über einen gemeinsamen Einfüllstutzen. Daher kann eine Flüssigkeitsleckage nur dort auftreten. Gleichzeitige Leckagen an verschiedenen Stellen sind somit nicht möglich.

Bei der Festlegung der Ausbreitungsbedingungen gingen die besonderen Randbedingungen des Standorts ein.

Die Sicherheitsabstände wurden zunächst ohne Schutzvorkehrungen ermittelt, sodann unter Berücksichtigung eines Walls auf der West-, Süd- und Ostseite des Betriebsgrundstücks des Flüssiggas-Tanklagers. Im Unterschied zur Berechnung 2004 wurde entsprechend den Vorgaben der TRGS 3146 für die Beurteilung der Sicherheitsabstände die mittlere Ausbreitungssituation und nicht die ungünstigste Ausbreitungssituation herangezogen.

Ohne Schutzvorkehrungen ergab sich ein erforderlicher Sicherheitsabstand der Wohnbebauung zu den Wandungen der Domdeckel der unterirdischen Lagertanks von ca. 11 m bei mittlerer Ausbreitungssituation. Für die nach aktuellem Regelwerk nicht mehr maßgebliche ungünstigste Ausbreitungssituation wurde ein Abstandswert von ca. 14 m ermittelt.

Mit einem mindestens 0,3 m hohen Wall auf der West-, Süd- und Ostseite des Betriebsgrundstücks des Flüssiggas-Tanklagers als Schutzvorkehrungen ergab sich ein erforderlicher Sicherheitsabstand der Wohnbebauung zu den Wandungen der Domdeckel der unterirdischen Lagertanks von ca. 2 m bei mittlerer Ausbreitungssituation: Für die nach aktuellem Regelwerk nicht mehr maßgebliche ungünstigste Ausbreitungssituation wurde ein Abstandswert von ca. 4,5 m ermittelt.

Die Wallschüttung im Süden des Betriebsgrundstücks vermindert auch die Sicherheitsabstände in Richtung der Kreisstraße auf ca. 9 m bei mittlerer Ausbreitungssituation. Für die nach aktuellem Regelwerk nicht mehr maßgebliche ungünstigste Ausbreitungssituation wurde ein Abstandswert von ca. 11,5 m ermittelt.

Der Abstand der Wälle zu den Domschachtmitte soll jeweils mind. ca. 2 m betragen.

## 5 Planungsempfehlungen

Der Vorentwurf des Bebauungsplans „Grubäcker 2“ sieht westlich des Flüssiggas-Tanklagers bis zu dreigeschossige Wohnbebauung in einem Abstand von 8 m von der Mitte der Domdeckel vor. Im Süden soll die geplante Wohnbebauung bis auf ca. 19 m an die Domdeckel der Tankanlage heranreichen.

Die Beurteilung nach dem aktuellen technischen Regelwerk ergibt:

- Der geplante Abstand der geplanten Wohnbebauung im Süden des Flüssiggas-Tanklagers ist unkritisch.
- Die geplante Wohnbebauung im Westen des Flüssiggas-Tanklagers rückt so dicht an das Tanklager heran, dass besondere Maßnahmen bzw. Schutzvorkehrungen erforderlich werden.
- Als besondere Schutzvorkehrung ist ein wirksames Ausbreitungshindernis bei etwaigen Schwergasaustritten - insbesondere bei der Betankung - zwischen den Domdeckeln des Tanklagers und der Wohnbebauung erforderlich. Bereits die Schüttung eines Walls mit einer Höhe von 0,3 m in einem Abstand von 2 m von den Domdeckelmitten auf der West-, Süd- und Ostseite des Betriebsgrundstücks des Flüssiggas-Tanklagers bietet nach dem Konventionsverfahren der VDI 3783, Bl. 2 einen ausreichenden Schutz. Damit wäre der mindestens erforderliche Sicherheitsabstand gegenüber der geplanten Wohnbebauung im Westen bereits eingehalten.

Aus Vorsorgegesichtspunkten wird empfohlen, sowohl die Wallschüttung zu Wohnbebauung im Westen und Süden höher auszubilden als auch mit der Wohnbebauung im Westen weiter als bisher geplant abzurücken.

Empfohlen wird:

- Herstellen eines Walls mit einer Höhe von 1 m auf der westlich und südlich an den bestehenden Zaun des Betriebsgrundstücks der Friedrich Schaar KG auf dem Flst.-Nr. 872 in Ohmden angrenzend.
- Pflanzung eines ca. 3 – 5 m breiten Gehölzstreifens als Sichtschutz und zur Verbesserung der Ausbreitungsbedingungen bei etwaigen Gasaustritten vor der Westgrenze und der Südgrenze des Betriebsgrundstücks der Friedrich Schaar KG auf dem Flst.-Nr. 872 in Ohmden innerhalb des Plangebiets „Grubäcker 2“, auf dem Wall.
- Festlegung der Ostgrenze eines unmittelbar westlich angrenzenden Baufelds C in einem Abstand von 12 m zur Mitte der Domdeckel des Flüssiggas-Tanklagers. Dieser Abstand entspricht etwa dem erforderlichen Sicherheitsabstand der Wohnbebauung zu den Domdeckeln der unterirdischen Lagertanks entsprechend den Vorgaben der TRGS 3146 bei mittlerer Ausbreitungssituation nach VDI 3783, Bl. 2. Der empfohlene Abstand stellt in Verbindung mit dem o.g. Wall in jedem Fall auch bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen den Sicherheitsabstand zur Wohnbebauung sicher. Einer Verbreiterung des Baufeldes in Richtung Norden stehen keine sicherheitstechnischen Belange entgegen.

Die empfohlenen Maßnahmen sind in den folgenden Abbildungen, Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellt.

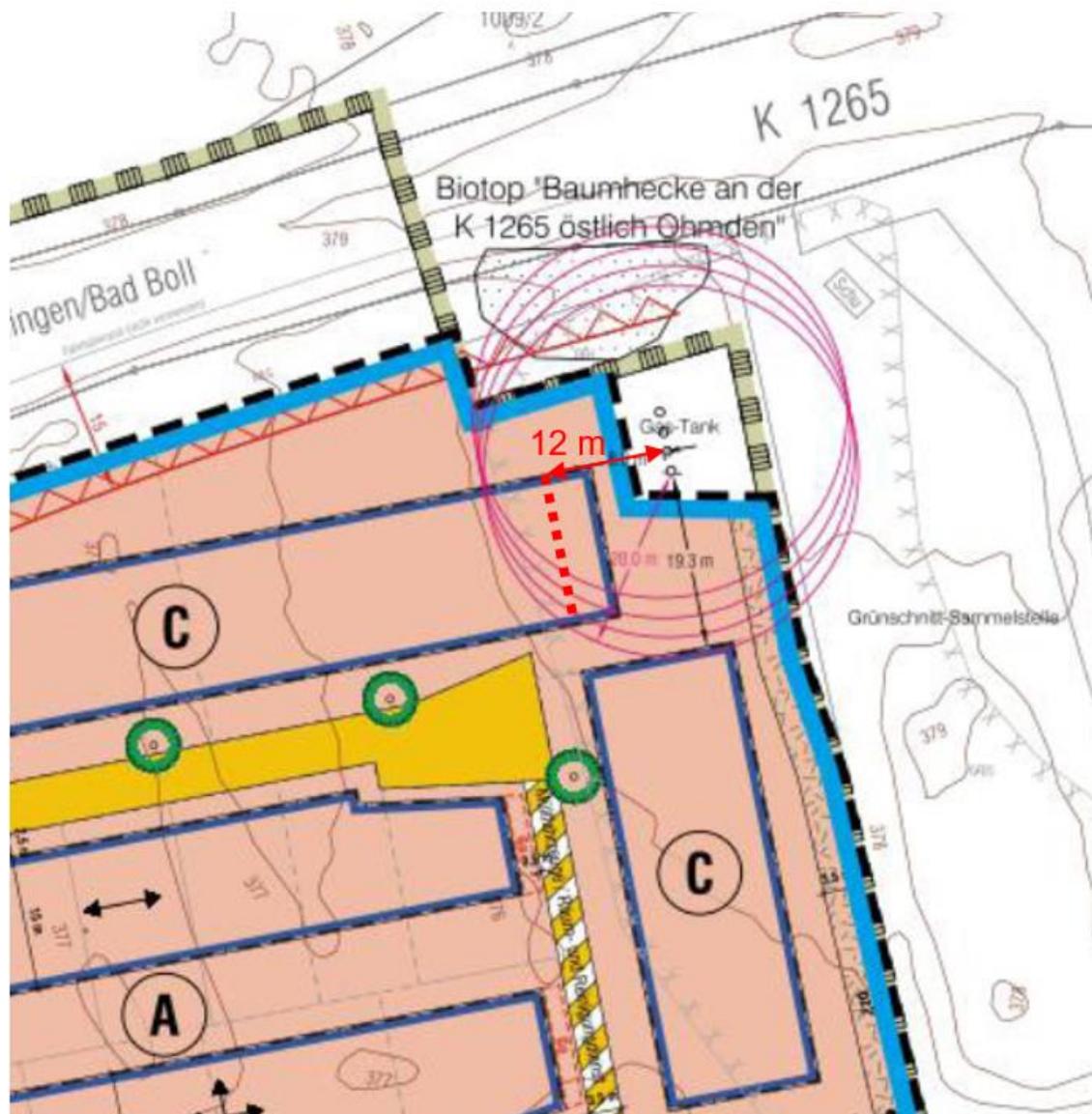
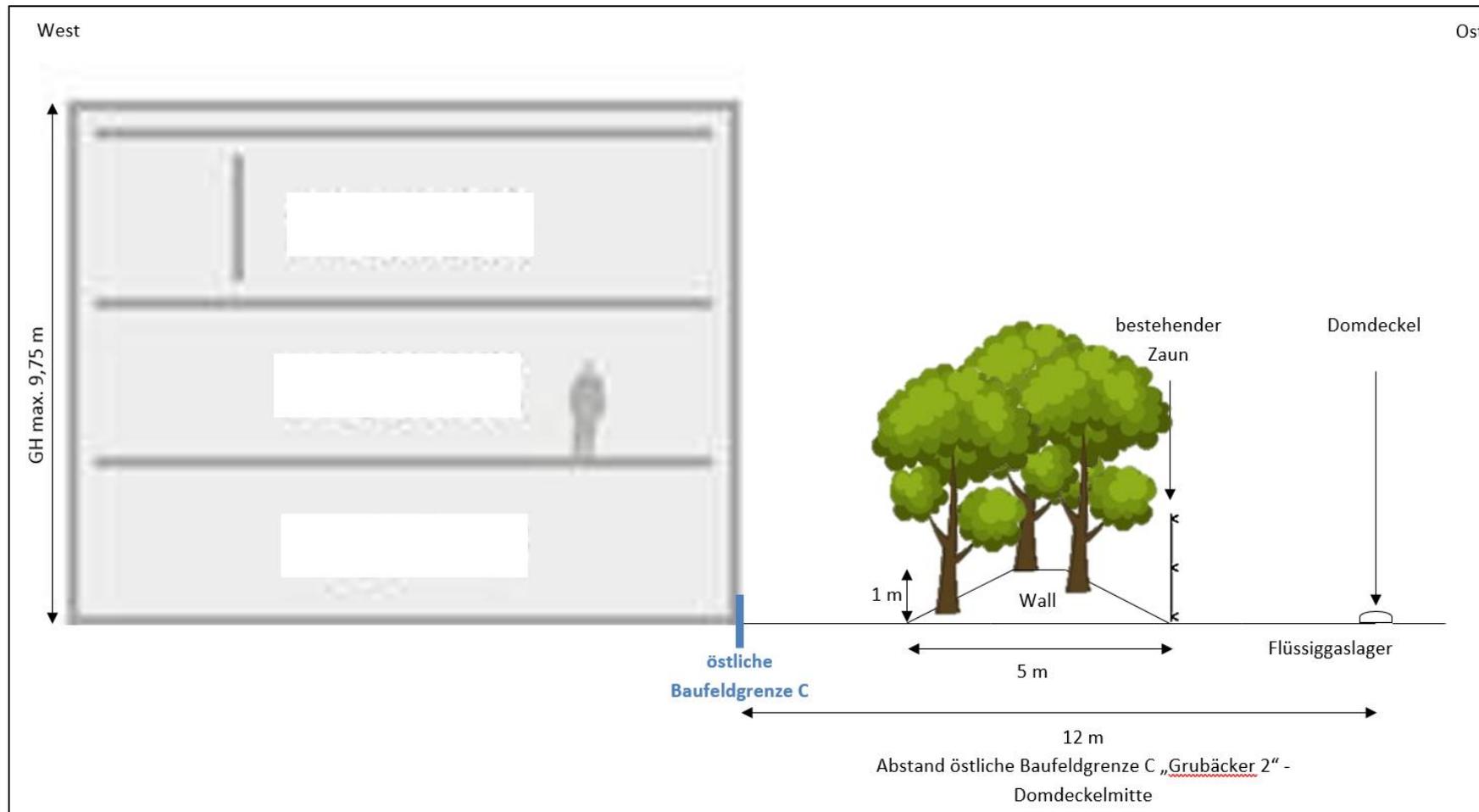


Abbildung 5: Empfohlene Abstände der Flüssiggasanlage zur Wohnbebauung (Baufeld C).



**Abbildung 6: Darstellung des empfohlenen Walls mit Begrünung und des empfohlenen Abstands des Flüssiggaslagers zur Wohnbebauung im Schnitt West-Ost.**

## 6 Zusammenfassung

Die Gemeinde Ohmden bereitet derzeit die Aufstellung des Bebauungsplans „Grubäcker 2“ vor. Das Plangebiet befindet sich ca. 1 km nordöstlich des Zentrums von Ohmden und umfasst eine Fläche von ca. 3,7 ha. Das Plangebiet wird im Westen durch bestehende Wohnbebauung, im Süden durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und im Norden durch die Zeller Straße begrenzt. Östlich an das Plangebiet grenzt ein unterirdisches Flüssiggas-Tanklager sowie eine Grünschnittsammelstelle an. Das Flüssiggas-Tanklager dient der zentralen Gasversorgung für das bestehende Baugebiet Grubäcker.

Im Plangebiet „Grubäcker 2“ ist insbesondere die Entwicklung von Wohnbebauung vorgesehen. Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens ist der Abstand zu den bestehenden unterirdischen Flüssiggas-Lagerbehältern aus Gründen der Anlagensicherheit zu prüfen und sind ggf. Maßnahmen zur Minderung des Sicherheitsabstands zu treffen.

Die vorliegende Ausarbeitung bewertet den Abstand der geplanten Wohnbebauung „Grubäcker 2“ von dem bestehenden Flüssiggaslager der Friedrich Scharr KG aus sicherheitstechnischer Sicht. Die Abstandsverhältnisse werden anhand der derzeit gültigen Regelwerke - entsprechend der Vorgaben der VDI 3783 Blatt 2 und TRBS 3146 - neu ermittelt und bewertet.

Die Beurteilung nach dem aktuellen technischen Regelwerk ergibt:

- Der geplante Abstand der geplanten Wohnbebauung im Süden des Flüssiggas-Tanklagers ist unkritisch.
- Die geplante Wohnbebauung im Westen des Flüssiggas-Tanklagers rückt so dicht an das Tanklager heran, dass besondere Maßnahmen bzw. Schutzvorkehrungen erforderlich werden.
- Als besondere Schutzvorkehrung ist ein wirksames Ausbreitungshindernis bei etwaigen Schwergasaustritten - insbesondere bei der Betankung - zwischen den Domdeckeln des Tanklagers und der Wohnbebauung erforderlich. Bereits die Schüttung eines Walls mit einer Höhe von 0,3 m in einem Abstand von 2 m von den Domdeckelmitten auf der West-, Süd- und Ostseite des Betriebsgrundstücks des Flüssiggas-Tanklagers bietet nach dem Konventionsverfahren der VDI 3783, Bl. 2 einen ausreichenden Schutz. Damit wäre der mindestens erforderliche Sicherheitsabstand gegenüber der geplanten Wohnbebauung im Westen bereits eingehalten.

Aus Vorsorgegesichtspunkten wird empfohlen, sowohl die Wallschüttung zu Wohnbebauung im Westen und Süden höher auszubilden als auch mit der Wohnbebauung im Westen weiter als bisher geplant abzurücken.

Empfohlen wird:

- Herstellen eines Walls mit einer Höhe von 1 m auf der westlich und südlich an den bestehenden Zaun des Betriebsgrundstücks der Friedrich Schaar KG auf dem Flst.-Nr. 872 in Ohmden angrenzend.

- Pflanzung eines ca. 3 - 5 m breiten Gehölzstreifens als Sichtschutz und zur Verbesserung der Ausbreitungsbedingungen bei etwaigen Gasaustritten vor der Westgrenze und der Südgrenze des Betriebsgrundstücks der Friedrich Schaar KG auf dem Flst.-Nr. 872 in Ohmden innerhalb des Plangebiets „Grubäcker 2“, auf dem Wall.
- Festlegung der Ostgrenze eines unmittelbar westlich angrenzenden Baufelds C in einem Abstand von 12 m zur Mitte der Domdeckel des Flüssiggas-Tanklagers. Dieser Abstand entspricht etwa dem erforderlichen Sicherheitsabstand der Wohnbebauung zu den Domdeckeln der unterirdischen Lagertanks entsprechend den Vorgaben der TRGS 3146 bei mittlerer Ausbreitungssituation nach VDI 3783, Bl. 2. Der empfohlene Abstand stellt in Verbindung mit dem o. g. Wall in jedem Fall auch bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen den Sicherheitsabstand zur Wohnbebauung sicher. Einer Verbreiterung des Baufeldes in Richtung Norden stehen keine sicherheitstechnischen Belange entgegen.

**Ingenieurbüro Dr. Dröscher**



Dr.-Ing. Frank Dröscher

Öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger für Immissionsschutz –  
Ermittlung und Bewertung von  
Luftschadstoffen, Gerüchen und Geräuschen

## **7 Quellen**

- /1/ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274).
- /2/ TRBS 3146: Technische Regel für Betriebssicherheit – Ortsfeste Druckanlagen für Gase, September 2016. GMBI 2016 S. 854–880 [Nr. 44], 26.10.2016
- /3/ VDI 3783 Blatt 2: Umweltmeteorologie; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase; Sicherheitsanalyse, Juni 1990.
- /4/ Baldauf Architekten (2019): Vorentwurf zum Bebauungsplan „Grubäcker 2“, Gemeinde Ohmden, 21.10.2019.
- /5/ Baldauf Architekten (2020): Präsentationsunterlage Vorentwurf vom 21.10.2019 zum Bebauungsplan „Grubäcker 2“, Gemeinde Ohmden, Abstimmung Gastank, 05.05.2020.
- /6/ Immissionsschutzrechtliche Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb eines unterirdischen Flüssiggasverbrauchslagers auf einem Teilbereich des Grundstücks Flurstück Nr. 872 in 73275 Ohmden, Az: 423-124.1/sc-532, 20.10.2004.
- /7/ ProTech Energiesysteme GmbH, Frielzheim: Friedrich Scharr KG, Liebknechtstraße 50, 70565 Stuttgart, Betriebsstätte Zentrale Gasversorgung Baugebiet Grubäcker 73275 Ohmden. Ausbreitungsrechnung für schwere Gase nach VDI 3783 Blatt 2, Juli 2004
- /8/ Staatliche Feuerweherschule Würzburg: Merkblatt für die Feuerwehren Bayerns: Flüssiggas. Aug 2007
- /9/ Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. Postfach 1231, 48338 Altenberge: Merkblatt Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Flüssiggas Juli 2007

# Anhang

**ProTech Energiesysteme GmbH:  
Ausbreitungsrechnung für Flüssiggas  
gemäß VDI 3783, Bl. 2**

# **Ausbreitungsrechnung für Flüssiggas nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 2 und TRBS 3146**

**Ingenieurbüro Dr.-Ing. Dröscher  
Technischer Umweltschutz  
Lustnauer Straße 11  
72074 Tübingen**

**für:**

**Netzgasversorgung Ohmden  
Baugebiet Grubäcker  
73275 Ohmden**

Erstellt durch:

**ProTech Energiesysteme GmbH**

**Ölgrabenstr. 13**

**71292 Friolzheim**

**Tel.: 07044 / 9422-24**

**Fax: 07044 /942229**

**web site [www.protech.de](http://www.protech.de)**

## Inhalt

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AUSBREITUNGSRECHNUNG NACH VDI 3783 BLATT 2</b>	<b>8</b>
2.1	Grundlagen zur Ausbreitungsrechnung von Schwergasen	8
2.2	Praxistauglichkeit der Rechenergebnisse nach VDI 3783	9
2.3	Ausbreitungshindernisse / Schutzzäune	10
2.4	Grundlagen zur Werkstoffkunde und Stoffkunde	11
2.4.1	Leck-vor-Bruch-Theorie als Grundlage zur Bemessung von Leckagen	11
2.4.2	Stoffeigenschaften Flüssiggas als Parameter für Ausbreitungsrechnung	12
2.5	Stofffreisetzung	14
2.5.1	Flanschverbindungen und zylindrische Wandungen	14
2.6	Parameter zur Berechnung der kontinuierlichen Freisetzung	15
2.6.1	Bestimmung der Leckquerschnittsfläche	15
2.6.2	Dauer der Emission	16
2.7	Berechnung der Leckmassenströme mittels Bernoulli-Gleichung	16
<b>3</b>	<b>BERECHNUNG DES SICHERHEITSABSTANDES</b>	<b>19</b>
3.1	Betrachtung Druck, Temperatur und Art der Ausströmung	19
3.2	Berechnung Leckquerschnitte und anlagenspezifische Leckmassenströme	20
3.3	Betrachtung der anlagenspezifischen Ausbreitungssituationen	22
3.4	Berechnung der unteren Zündabstände nach VDI 3783 Blatt 2	22
3.5	Sicherheitsabstände zu betriebsfremden Anlagen und Einrichtungen	26
<b>4</b>	<b>ERGEBNIS</b>	<b>29</b>

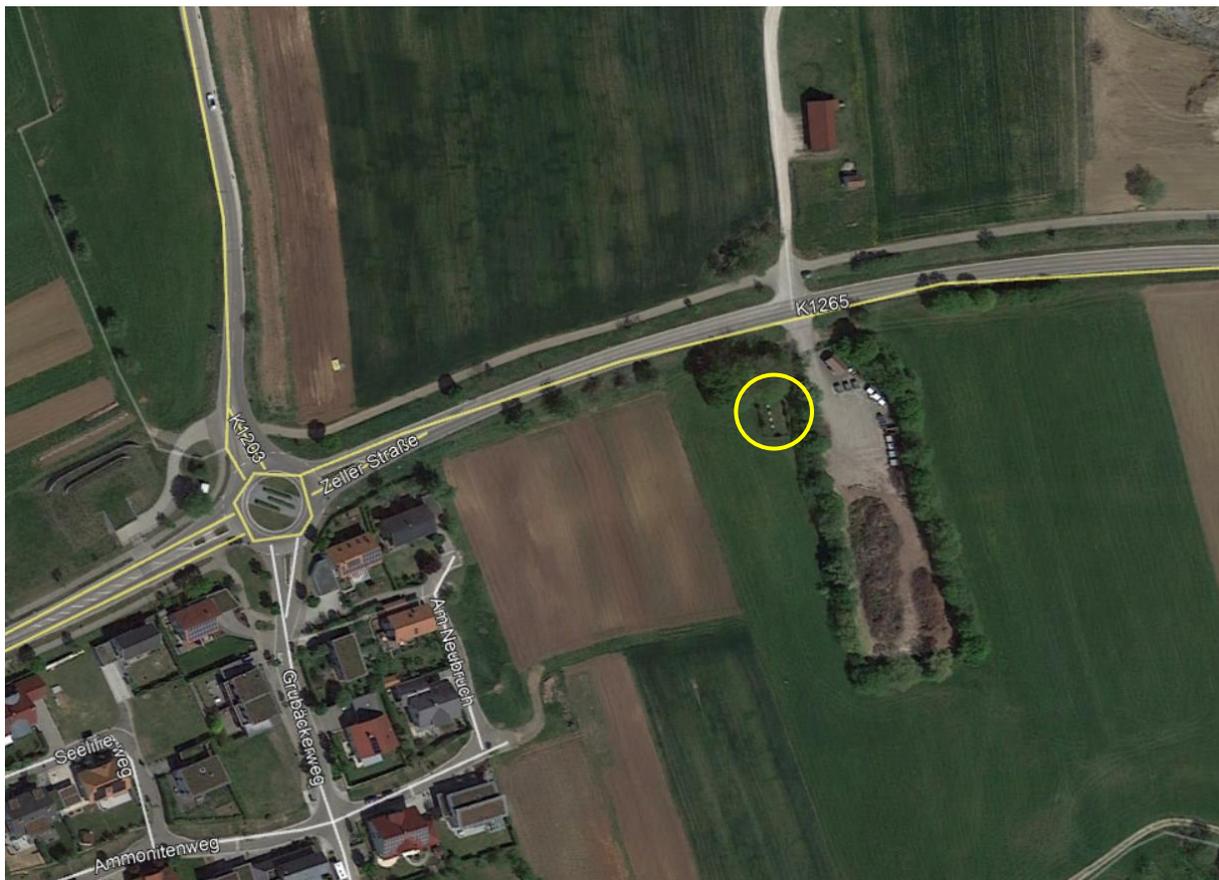
## 1 Aufgabenstellung

Das Ingenieurbüro Dr.-Ing. Dröscher beauftragte die Fa. ProTech Energiesysteme GmbH mit der Erstellung einer Ausbreitungsrechnung für schwere Gase (Flüssiggas) für den auf dem Deckblatt genannten Standort der Flüssiggaslagerbehälteranlage im Baugebiet Grubäcker.

Im geplanten 2. Bauabschnitt rückt die Wohnbebauung näher an das Behälterlager heran. Die vorliegende Ausbreitungsrechnung soll den erforderlichen Sicherheitsabstand unter Berücksichtigung der geplanten Bebauung ermitteln.

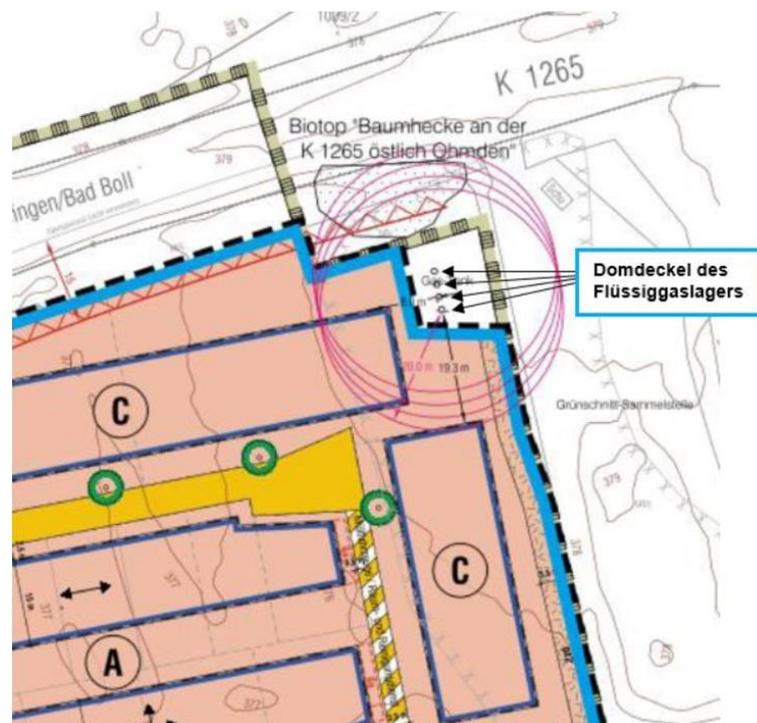
Bei der Festlegung der Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen werden die sich daraus ergebenden besonderen Randbedingungen für den Standort berücksichtigt.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Standort der Flüssiggaslagerbehälteranlage bestehend aus 4 Lagerbehältern a 2,9 t. Die Lage ist gelb markiert.

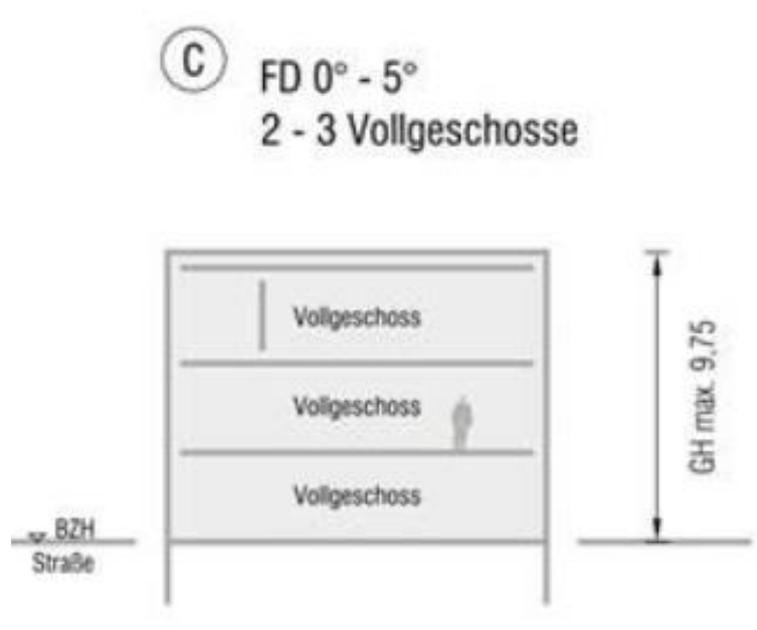


Quelle: Google earth





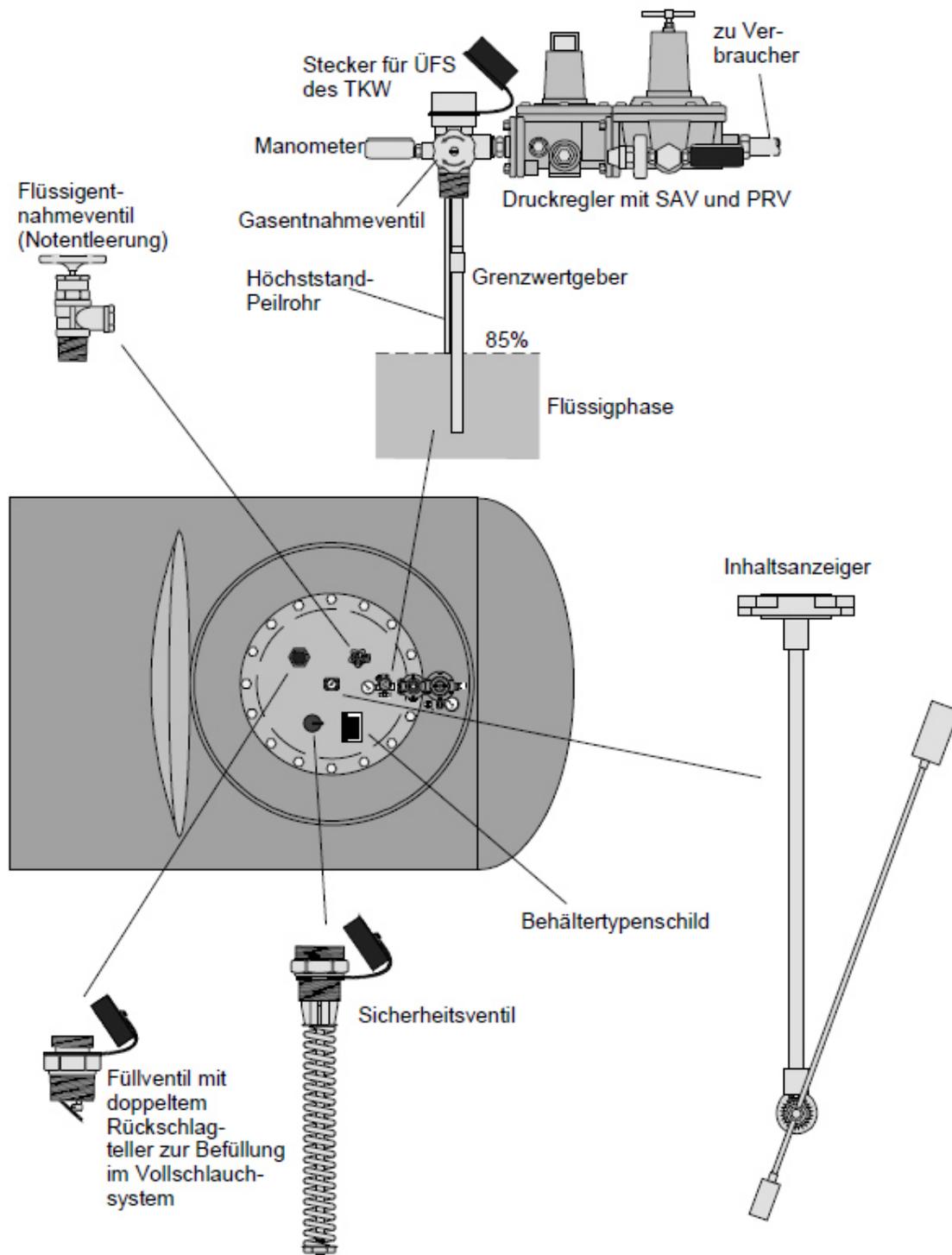
Quelle: Baldauf Architekten (2020): Präsentationsunterlage Vorentwurf vom 21.10.2019 zum Bebauungsplan „Grubäcker 2“, Gemeinde Ohmden, Abstimmung Gastank, 05.05.2020



Quelle: Baldauf Architekten (2019): Vorentwurf zum Bebauungsplan „Grubäcker 2“, Gemeinde Ohmden, 21.10.2019

Die Gasentnahme aus den Lagerbehältern erfolgt aus der Gasphase der Behälter.

Die nachfolgende Abbildung aus dem LFU Handbuch zeigt die Armaturenausrüstung für jeden Behälter:



Den spezifischen Betrachtungen der Ausbreitungsberechnungen liegen Konventionen zugrunde, dass mögliche, vernünftigerweise nicht ausschließbare Leckagen ein Leck-vor-Bruch-Verhalten zeigen und abhängig von den gegebenen Rohrleitungsdimensionen sind.

Ins technische Regelwerk Einzug gehalten haben dazu Betrachtungen und Berechnungen von Prof. Dr.-Ing. K. Strohmeier vom Lehrstuhl für Apparate- und Anlagenbau der TU München, die in den folgenden Kapiteln erläutert werden und Grundlage der vorliegenden Betrachtungen sind.

Für die vernünftigerweise nicht ausschließbaren Störungen muss eine Betrachtung und Berechnung des Sicherheitsabstandes gemäß technischem Regelwerk erfolgen. Regelungen dazu finden sich in der TRBS 3146, aber auch die nicht mehr rechtskräftige technische Regel TRB 801 Nr. 25 Anlage „Flüssiggaslagebehälteranlagen“ kann als Erkenntnisquelle dienen.

Analoges gilt für den zurückgezogenen Leitfaden der Störfallkommission SFK-GS-04 „Sicherheitsabstände als Schadensvorsorge“ und den Leitfaden der Kommission für Anlagensicherheit KAS-18 „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG“.

Die vorliegende Ausbreitungsberechnung soll den erforderlichen Sicherheitsabstand zu schutzwürdigen Objekten, Einrichtungen und Bereichen ermitteln, der dann zukünftig eingehalten werden muss.

## 2 Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783 Blatt 2

Für eine Ausbreitungsrechnung im Sinne des technischen Regelwerks (z.B. TRBS 3146) zu berücksichtigen sind hypothetische, vernünftigerweise nicht ausschließbare Gasfreisetzungen an Rohrleitungen, Armaturen und Verbindungen (z.B. Flanschverbindungen, Gewindeverbindungen). Sie können u.a. lösbare Verbindungen im Sinne des Regelwerks darstellen bzw. enthalten.

Relevant sind im vorliegenden Fall jedoch nur die Flüssigphase führenden Rohrleitungsabschnitte, da diese deutlich größere Leckagemengen bei gleichen Leckgrößen gegenüber Gasphasenleckagen besitzen (Verhältnis ca. 1:260).

Für die vorliegende Ausbreitungsberechnung werden zwei Szenarien betrachtet.

**Szenario 1:** Beim Abkuppeln des Füllanschlusses werden ca. 200 g Flüssiggas spontan freigesetzt.

**Szenario 2:** Neben der spontanen Freisetzung kann es auch zu kontinuierlichen Freisetzungen kommen. Die größte bei der vorliegenden Anlage vorhandene Verbindung ist die DN 32 Füllverbindung bei der Lagerbehälterbefüllung. Hier wird eine Flüssigphasenleckage angenommen.

Die Befüllung kann immer nur an einem Lagerbehälter erfolgen. Daher kann die gleichzeitige Freisetzung von Gas an mehreren Stellen bei diesem Szenario ausgeschlossen werden.

### 2.1 Grundlagen zur Ausbreitungsrechnung von Schwergasen

Die Ausbreitungsrechnung dient der Bestimmung der maximalen Zündabstände, betrachtet von der Emissionsquelle des im hypothetischen Störfall austretenden Flüssiggases.

Die Ausbreitungsrechnung beruht auf der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 2 für schwere Gase. Sie wurde vorliegend mit Hilfe des dazugehörigen Rechenprogramms Version 4.0 zur Ermittlung der unteren Zündabstanz (notwendiger Sicherheitsabstand) erstellt.

Flüssiggas gehört zu den Schwergasen, d.h. es ist schwerer als Luft. Bei einer Freisetzung breitet sich Flüssiggas in einer flachen bodennahen Schicht aus. In der Regel befinden sich in der bodennahen Schicht Hindernisse, z.B. Mauern, Gebäude, Zäune, Bewuchs, die nicht als Rauigkeiten parametrisiert werden dürfen. Solche Hindernisse wirken sich auf die potenzielle Ausbreitung einer Schwergaswolke aus. Wie stark sich diese Hindernisse auswirken, hängt von deren Geometrie und Lage sowie von den Windverhältnissen ab.

Die o.g. Hindernisse werden in der Terminologie der Ausbreitungsrechnung, je nach ihrer Geometrie, u.a. als Schutzzäune, Wände Schutzringe oder auch lockere Bebauung bezeichnet (s. Kapitel 2.3).

Die Konzentration der Gaswolke nimmt mit zunehmender Entfernung von der Austrittsstelle ab. In der Ausbreitungsrechnung wird die Entfernung ermittelt, an der die untere Explosionsgrenze (UEG) unterschritten wird. Die UEG beträgt bei einem Propan-Luft-Gemisch 2,1 Vol. %, welche in der Stoffauswahl im Rechenprogramm bei Propan hinterlegt ist. Bei einem geringeren Gasanteil in der Luft als 2,1 Vol. % ist das Gas i.d.R. dann nicht mehr zündfähig.

## **2.2 Praxistauglichkeit der Rechenergebnisse nach VDI 3783**

Die Ergebnisse des Rechenprogramms zur VDI-Richtlinie 3783 Blatt 2 ergeben eine ungünstige Zünddistanz (ungünstige Wetterlage) und eine mittlere Zünddistanz (normale Wetterlage).

Vergleiche mit vom TÜV Norddeutschland durchgeführten Freifeldversuchen bei relativ ungünstigen Wetterlagen und den mit dem Rechenprogramm errechneten mittleren Zündentfernungen haben eine gute Übereinstimmung ergeben. Die nach dem Rechenprogramm ungünstigen Zünddistanzen konnten nicht empirisch bestätigt werden.

Gemäß TRBS 3146 Abschnitt 4.5.3.2 Absatz 2 ist daher für die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung die mittlere Ausbreitungssituation zugrunde zu legen.

## 2.3 Ausbreitungshindernisse / Schutzzäune

Das Modell nach VDI 3783 Blatt 2 kennt folgende modellierte Ausbreitungssituationen.

===== AUSBREITUNGSGEBIET =====	
1 = EBENES GELAENDE OHNE HINDERNISSE	14 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP U
2 = HOHE WINDPARALLELE WAND	15 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP UI
3 = HOHE WINDPARALLELE SCHLUCHT	16 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP UII
4 = SCHUTZZAUN IN LEE FERN	17 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP UIII
5 = SCHUTZZAUN IN LEE NAH	18 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP IX
6 = SCHUTZZAUN IN LUV NAH	19 = LOCKERE BEBAUUNG TYP I
7 = SCHUTZZAUN IN LUV FERN	20 = LOCKERE BEBAUUNG TYP II
8 = SCHUTZRING NAH	21 = LOCKERE BEBAUUNG TYP III
9 = SCHUTZRING FERN	22 = LOCKERE BEBAUUNG TYP IV
10 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP I	23 = LOCKERE BEBAUUNG TYP U
11 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP II	24 = LOCKERE BEBAUUNG TYP UI
12 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP III	25 = LOCKERE BEBAUUNG TYP UII
13 = UNTERBR. STRASSENSCHLUCHT TYP IV	

Häufig befinden sich in einem möglichen Ausbreitungsgebiet einer Schwergaswolke Hindernisse (Schutzzäune), die einer ungehinderten Gasausbreitung im Wege stehen und die vor allem dafür sorgen, dass sich ausbreitendes Gas mit Umgebungsluft verwirbelt bzw. vermischt und sich damit so weit verdünnt, bis es nicht mehr zündfähig ist. Diese Hindernisse können eine gewisse Höhe und eine gewisse Entfernung von der Emissionsquelle haben.

Das Berechnungsprogramm nach VDI 3783 liefert für Ausbreitungshindernisse einen Wert, die sogenannte "charakteristische Länge" LCC / LCI. Mit der charakteristischen Länge können, unter Zuhilfenahme der nachfolgenden Tabelle, die Mindestabmessungen von Schutzzäunen berechnet werden, die gegebenenfalls errichtet werden müssen oder bereits im Ausbreitungsgebiet vorhanden sind, um dem Modell zu genügen.

Schutzzäune, die in der Realität höher sind oder eine größere Entfernung von der Quelle haben, als die berechneten Schutzzäune des VDI-Modells, sind als mindestens gleichwertig zu betrachten. Größere Abstände und höhere Schutzzäune bedeuten, dass die Verdünnung aufgrund der weiteren Transportstrecke bzw. von vermehrter Turbulenz (Verwirbelungen) weiter vorangeschritten ist und daher die maximalen Zündabstände damit i.d.R. verringert werden. Beliebige Entfernungen von Ausbreitungshindernissen oder Hindernisse beliebiger

Größe lassen sich jedoch mit dem Modell nach VDI 3783 nicht rechnerisch abbilden. Es sind dann (konservative) Näherungen zu bewerten.

Schutzzaun	spontane Freisetzung		kontinuierliche Freisetzung	
	Höhe	Entfernung	Höhe	Entfernung
Lee, fern	0,4 *LCI	4 * LCI	2,24 * LCC	22,4 * LCC
Lee, nah	0,4 *LCI	2,5 * LCI	2,24 * LCC	14 * LCC
Luv nah	0,4 *LCI	2,5 * LCI	2,24 * LCC	14 * LCC
Luv, fern	0,4 *LCI	4 * LCI	2,24 * LCC	22,4 * LCC
<b>Schutzring</b>				
nah	0,4 *LCI	2,5 * LCI	2,24 * LCC	14 * LCC
fern	0,4 *LCI	4 * LCI	2,24 * LCC	22,4 * LCC

## 2.4 Grundlagen zur Werkstoffkunde und Stoffkunde

### 2.4.1 Leck-vor-Bruch-Theorie als Grundlage zur Bemessung von Leckagen

Ausschlaggebend für die Betrachtung von hypothetischen, vernünftigerweise jedoch nicht vollständig ausschließbaren Leckagen an Flüssiggasanlagen ist ein physikalisch und werkstofftechnisch sinnvoller Ansatz, mit dem mögliche Leckquerschnitte, vor dem Totalversagen des Bauteils, abgeschätzt werden können.

Allgemein hat sich für die Bemessung von Leckquerschnitten die Betrachtungsweise von Prof. Dr.-Ing. Strohmeier durchgesetzt. Da dieses Verfahren allgemeingültig erscheint und bereits Jahrzehnte erfolgreich eingesetzt wurde, wird es auch in nachstehenden Abschätzungen verwendet. Es muss als wissenschaftlich übertragbar gelten, da es auf physikalischen Annahmen beruht, die i.d.R. nur minimal variieren. Schließlich gilt, dass, bis auf vernachlässigbare Abweichungen, durch DIN-genormte Flansche und Rohrleitungen sowie durch deren Montage und Verlegung gemäß den Regeln der Technik, i.d.R. ähnliche Verhältnisse an Flüssiggasanlagen vorzufinden sind.

Lecks sind eine Folge von wachsenden Rissen in druckbelasteten Komponenten, die bevorzugt im Bereich von Spannungskonzentrationen auftreten. Ein Oberflächenriss an einer

Rohrleitungswand durchläuft lt. Prof. Dr.-Ing. Strohmeier folgende Wachstumsphasen, bis der Riss zum Totalausfall des Bauteils führt.

Ein vorhandener Riss wächst am Anfang ungestört in Richtung seiner Länge und Tiefe. Bei Erreichen einer Risstiefe entsprechend der Wandstärke tritt eine Leckage auf. Durch ständige Druckbelastung und daraus resultierenden Beanspruchungen im Bauteil ergeben sich Risswachstumsschübe, bis der Riss seine kritische Größe erreicht hat. Diese kritische Rissgröße ist für ähnliche Bauteile vergleichbar. Sie hängt ab von:

- Werkstoff
- Bauteilgeometrie
- Belastungsart
- Belastungsintensität
- Korrosion

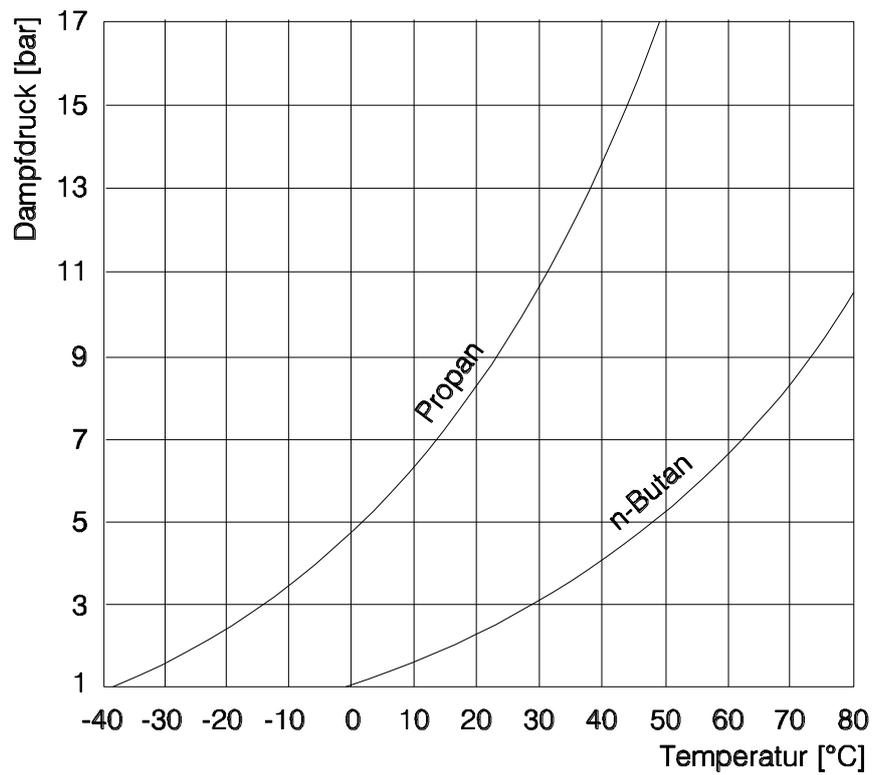
Erfahrungsgemäß ist ein Vollabriss von Rohrleitungen in Flüssiggasanlagen vernünftigerweise auszuschließen. Nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, dass trotz Standardprüfungen, auch solche mit erhöhtem Prüfüberdruck, kleine Fehler im Bauteil oder einen Verbindung zurückbleiben, die nicht gefunden werden.

Diese Fehlstellen können durch Korrosion und Lastwechsel unbemerkt bis zum ersten Wanddurchbruch wachsen. Als ungünstigster Fall ist damit ein Aufreißen mit Leck-vor-Bruch-Verhalten anzunehmen.

#### **2.4.2 Stoffeigenschaften Flüssiggas als Parameter für Ausbreitungsrechnung**

Eine für die Ausbreitungsrechnung bedeutende Einflussgröße ist der in den Flüssiggasanlagen und Rohrleitungen vorherrschende bzw. angenommene Druck. Weil das Flüssiggas in Lagerbehältern im Sättigungszustand vorliegt, hängt der Druck zunächst (ohne Förderaggregate) ausschließlich von der Temperatur ab.

Der Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur für Propan und Butan im Sättigungszustand ist im folgenden Diagramm der Dampfdruckkurven dargestellt.



Dampfdruckkurven von Propan und Butan

Entsprechend den thermischen Gegebenheiten ist der Druck für eine Berechnung einer hypothetischen Gasfreisetzung, ggf. unter Addition von Drücken von Förderaggregaten, zu wählen.

## 2.5 Stofffreisetzung

Stofffreisetzungen können prinzipiell kontinuierlich oder auch spontan erfolgen. Beispiele für kontinuierliche Freisetzungen sind die im Folgenden beschriebenen Leckagefälle. Spontane Freisetzungen könnten z.B. durch die Entspannung der Füllverbindung entstehen, wobei eine definierte Menge spontan und begrenzt freigesetzt wird.

### 2.5.1 Flanschverbindungen und zylindrische Wandungen

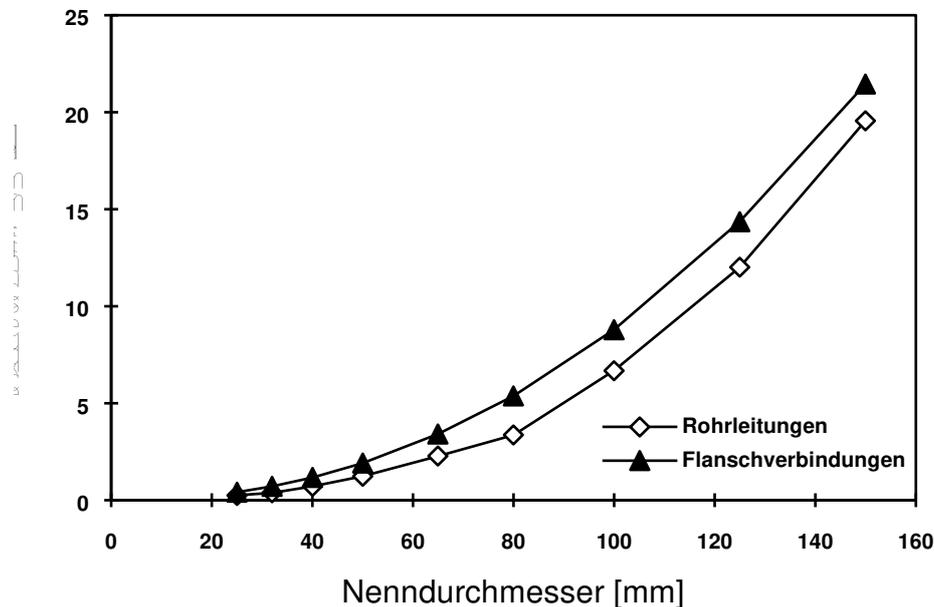
Die Flanschverbindung stellt als lösbare Verbindung ein wichtiges Bauelement im Apparate- und Anlagenbau dar. Ein vollständiges Versagen einer Flanschverbindung ist i.d.R. nicht zu unterstellen, da im Versagensfall zwar eine bestimmte Anzahl Schrauben versagen könnte oder eine Dichtung und eine Leckage entsteht, ein totales Versagen der Verbindung aber mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht auftritt.

Die biegeweiche Verlegung der Rohrleitungen, die Vorspannkraft der Flanschverbindungen, hochwertige, armierte Fire-Safe-Dichtungen und das nicht korrosive Medium Flüssiggas tragen für die betrachteten, vernünftigerweise nicht anschließbaren Störfälle dazu bei, dass i.d.R. keine Annahme einer Schiefstellung und das damit verbundene Abheben der Dichtfläche des Flansches zugrunde zu legen ist.

Das Aufreißen einer Flanschverbindung mit Freisetzung des gesamten Querschnitts kann für die vorliegende Betrachtung daher vernünftigerweise ebenfalls ausgeschlossen werden. Eine Gasfreisetzung aufgrund Flanschleckage durch Aufweitung muss hingegen berücksichtigt werden.

Im folgenden Bild der grafischen Darstellung von Untersuchungen nach Prof. Dr.-Ing. K. Strohmeier ist zu sehen, dass der berechnete Leckquerschnitt an einem Flansch immer größer angenommen wird als an einer zylindrischen Rohrleitung mit gleichem Durchmesser.

Deshalb ist es zulässig und ausreichend, wenn nur der Fall einer Flanschleckage betrachtet wird. Der Fall eines Lecks an einer glatten zylindrischen Rohrleitungswand ist damit immer eingeschlossen bzw. abgedeckt.



## 2.6 Parameter zur Berechnung der kontinuierlichen Freisetzung

### 2.6.1 Bestimmung der Leckquerschnittsfläche

Die Bestimmung der Leckquerschnittsfläche in Abhängigkeit von der Dimension einer Rohrleitung erfolgte nach den u.g. Festlegungen der technischen Regel TRB 801 Nr. 25 Anlage „Flüssiggaslagerbehälteranlagen“. Der anzunehmende hypothetische Leckquerschnitt berechnet sich nach folgender Formel:

$$A_{\text{Leck}} = 0,00035 \cdot (D_{\text{Leitung}})^{2,2}$$

A in mm<sup>2</sup>, D=DN in mm

Wegen der Strömungsverluste an der Austrittsstelle ist für den Leckquerschnitt der sog. wirksame Querschnitt der Ausflussöffnung anzusetzen. Zur Berechnung des wirksamen Querschnitts ist der tatsächliche (geometrische) Querschnitt mit der Ausflussziffer zu multiplizieren. Die Ausflussziffer berücksichtigt die Scharfkantigkeit der Öffnung und die Viskosität des ausströmenden Mediums.

Für den wirksamen Leckquerschnitt ergibt sich:

$$A = \mu \times A_{\text{Leck}}$$

$\mu = 0,38$  Ausflussziffer

$A_{\text{Leck}}$  Tatsächlicher Leckquerschnitt (geometrischer Leckquerschnitt)

## 2.6.2 Dauer der Emission

Ein weiterer Aspekt bei der Berechnung einer kontinuierlichen Freisetzung von Flüssiggas nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 2 ist die Zeit der Emission. Bei kontinuierlicher Freisetzung stellt sich nach einer bestimmten Zeit ein Gleichgewicht der Konzentrationen im Ausbreitungsgebiet ein.

Das der Gaswolke durch das Leck zugeführte Gas verdünnt sich am Rand der Wolke unter die UEG. Damit wächst die Zündentfernung nicht mehr. Bei der Annahme der Emissionszeit, d.h. der Zeit, die verstreicht bis sich das o.g. Konzentrationsgleichgewicht eingestellt hat (i.d.R. oftmals nach ca. 600 s), wird bei der vorliegenden Ausbreitungsrechnung ein wesentlich höherer Wert angenommen als der, der tatsächlich auftritt, um eine konservative Rechnung sicher zu stellen. Die Emissionszeit wurde gewählt zu:

$$t_E = 3600 \text{ s}$$

## 2.7 Berechnung der Leckmassenströme mittels Bernoulli-Gleichung

Die Berechnung des Leckmassenstroms erfolgt mit der Bernoulli-Gleichung über die Ausströmgeschwindigkeit. Dabei wird angenommen, dass das Gas bis zum völligen Austritt durch das Leck flüssig bleibt. In der Realität verdampft jedoch ein Teil des austretenden Gases bereits im Leck, so dass sich eine Zweiphasenströmung ausbildet. Dieses Verdampfen bewirkt in der Realität einen Druck, der der Strömung entgegengerichtet ist und den Gasaustritt behindert. Die Betrachtungsweise mittels der Bernoulli-Gleichung vereinfacht die Berechnung

erheblich. Sie ist zulässig, da der berechnete Massenstrom i.d.R. immer größer ist als der tatsächlich in der Realität zu erwartende.

Der statische Druck der Flüssigkeit soll bei der Berechnung zunächst vernachlässigt werden, da er selbst bei einem Druckgasbehälter mit einem Durchmesser von 3 m nur ca. 0,15 bar beträgt. Es kann eine stationäre Strömung durch die Leckstelle angenommen werden. Damit reduziert sich die Bernoulli-Gleichung auf die Form:

$$p_i = p_l + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

$p_i$  Innendruck der Rohrleitungen bzw. Schläuche

$p_l$  Atmosphärischer Luftdruck

$\rho$  Dichte des Gases

$v$  Ausströmgeschwindigkeit des Gases oder der Flüssigkeit aus der Leckstelle

Daraus ergibt sich die Strömungsgeschwindigkeit zu:

$$v = \sqrt{\frac{2(p_i - p_l)}{\rho}}$$

Weiter gilt für den ausströmenden Volumenstrom:

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$\dot{V}$  Volumenstrom des Gases oder der Flüssigkeit

$v$  Ausströmgeschwindigkeit des Gases oder der Flüssigkeit aus der Leckstelle

$A$  wirksamer Leckquerschnitt ( $A = \mu \times A_{\text{Leck}}$ )

Der Ausflussmassenstrom wird letztlich nach folgender Gleichung berechnet, die sich aus den o.g. Gleichungen ergibt.

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = \mu \cdot A \times \sqrt{2 \cdot \rho \cdot p_d}$$

 $\dot{m}$ 

Massestrom

 $P_d$ Differenzdruck aus innerem Überdruck und Luftdruck ( $p_i - p_l$ ) $\mu$ 

Ausflussziffer

### 3 Berechnung des Sicherheitsabstandes

#### 3.1 Betrachtung Druck, Temperatur und Art der Ausströmung

Der Behälterdruck beträgt bei der erdgedeckten Lagerung in Flüssiggaslagerbehältern ganzjährig ca. 6 bar absolut. Die Befüllung erfolgt mittels Pumpe aus einem Straßentankwagen. Die Pumpe muss dabei den Behälterdruck überwinden. Erfahrungsgemäß beträgt der Fülldruck 11 bar absolut. Die folgende Tabelle stellt die stationäre Lagerung dem Füllvorgang gegenüber. Ebenso wird zur Veranschaulichung die Gasphase im stationären Zustand betrachtet.

Gasart:	Propan unter Druck verflüssigt unter Füllbedingungen	Propan unter Druck verflüssigt bei Normal- bedingungen	Propan gasförmig, unter Normalbedingungen
Angesetzter Überdruck:	$p_i (20^\circ\text{C}) = 11 \text{ bar}$	$p_i = 6 \text{ bar}$	$p_i = 6 \text{ bar}$
Angesetzter Umgebungsdruck:	$p_u (20^\circ\text{C}) = 1 \text{ bar}$	$p_u = 1 \text{ bar}$	$p_u = 1 \text{ bar}$
$p_d$ : Druckdifferenz Pinnen - PUmgebung	$p_d (20^\circ\text{C}) = 10 \text{ bar}$ $= 1 \text{ MPa}$	$p_d = 5 \text{ bar}$ $= 0,5 \text{ MPa}$	$p_d = 5 \text{ bar}$ $= 0,5 \text{ MPa}$
Dichte (Flüssiggas):	$\rho (20^\circ\text{C})$ Flüssigphase $= 500 \text{ kg/m}^3$	$\rho (20^\circ\text{C})$ Flüssigphase $= 500 \text{ kg/m}^3$	$\rho$ Gasphase = 9,2 $\text{kg/m}^3$

Relevante Stoffparameter von Flüssiggas unter Normalbedingungen

#### Berechnung der Dichte von Flüssiggas (Gasphase) unter Lagerbedingungen im Behälter mittels der allgemeinen Gasgleichung

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \quad (1)$$

$$p = \rho \cdot R \cdot T$$

$p$  Druck, angesetzter Wert 7 bar

$V$  spez. Volumen

$m$  Masse

$\rho$  Dichte

T Temperatur, angesetzt Wert  $20^{\circ}\text{C} = 293\text{K}$

R Gaskonstante für Propan ( $185,94 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ )

$$\rho = 9,2 \text{ kg/m}^3$$

Die obige Darstellung verdeutlicht nochmals den Umstand, dass die Dichte bei Flüssigphase deutlich höher ist als in der Gasphase.

Als Berechnungstemperatur sollen daher  $20^{\circ}\text{C}$  angenommen werden.

Damit ergibt sich folgendes Rechenszenario für die kontinuierliche Freisetzung.

#### **Szenario kontinuierliche Freisetzung:**

Hypothetische kontinuierliche Freisetzung an der Füllverbindung bei der Befüllung 10 bar(ü).

Für die spontane Freisetzung wird folgendes Szenario angesetzt:

#### **Szenario spontane Freisetzung:**

Bei jeder Lagerbehälterbefüllung muss nach Abschluss des Füllvorganges die Füllverbindung zwischen dem Absperrhahn am Füllschlauch und dem Füllventil am Behälter ins Freie entspannt. Aufgrund der konstruktiven Unterschiede kann sich die Menge dabei zwischen 100 und 200 g / Vorgang. Für die vorliegende Betrachtung wird daher die größte Menge (200 g) angenommen.

### **3.2 Berechnung Leckquerschnitte und anlagenspezifische Leckmassenströme**

Gemäß den in den v.g. Kapiteln definierten Formeln und Berechnungen ergeben sich im vorliegenden Fall einer DN 32 Leckage der hypothetische Leckquerschnitt und der Leckmassenstrom nach Bernoulli gemäß TRB 801 Nr. 25 Anlage wie folgt.

Der errechnete Leckmassenstrom ist der für eine vergleichbar dimensionierte Flanschverbindung, die jedoch an vorliegender Anlage nicht vorhanden ist. Sie wird jedoch in Analogie für die Gewindeverbindung bei der Behälterbefüllung angewendet

Bezeichnung der relevanten lösbaren Verbindungen	DN 32 Verbindung an dem Behälterfüllventil
größter Rohrleitungsquerschnitt	DN 32 = 32 mm
Aggregatzustand des freigesetzten Flüssiggases	flüssig
Art der Gasfreisetzung	kontinuierlich
nach Prof. Strohmeier errechneter Leckquerschnitt	A= 0,72 mm <sup>2</sup> , A= 0,72 x 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup>
Nach Bernoulli berechneter Leckmassenstrom	<b>8,6 g/s</b> <b>=&gt; 10 g/s</b>

#### Berechnung der Leckmassenstrom

In der folgenden Tabelle sind die für die Berechnung des Leckmassenstromes relevanten Parameter nochmals zusammengefasst.

Parameter	Größen
Nennweite	DN 32
Freigesetzter Stoff	Propan
Aggregatzustand	flüssig
Temperatur	20° C (293,15 K)
Dichte bei v.g. Temperatur	0,5 kg/l
Ausflussziffer	0,38
Druck des freigesetzten Stoffs	10 bar(ü)
Art der Gasfreisetzung	kontinuierlich
Leckquerschnitt	A= 0,72 mm <sup>2</sup>
Leckmassenstrom	8,6 g/s (Rechenwert aufgerundet 10 g/s)

### 3.3 Betrachtung der anlagenspezifischen Ausbreitungssituationen

Bei der Befüllung der Lagerbehälter ist der Domschacht geöffnet, sodass hier eine ungehinderte Gasausbreitung bzw. Modellierung angenommen werden kann.

Neben der ungehinderten Ausbreitung werden auch noch die Ausbreitungssituationen unter Berücksichtigung von Schutzzäunen (z.B. in Luv und Lee nah von der Quelle) berechnet.

### 3.4 Berechnung der unteren Zündabstände nach VDI 3783 Blatt 2

#### Kontinuierliche Freisetzung:

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen modellierten Ausbreitungen liefern für die DN 32 Füllverbindung einen Leckmassenstrom von 10 g/s die folgenden Ergebnisse.

```
DER STÖRFALL WURDE GEMÄSS ABSCHNITT 3.3 DER RICHTLINIE VDI 3783
-BLATT 2- ALS KONTINUIERLICHER STÖRFALL BEHANDELT.

ES IST MIT FOLGENDEN UNTEREN ZÜNDABSTÄNDEN ZU RECHNEN:

MITTLERE      AUSBREITUNGSSITUATION:      10.5 M
UNGUENSTIGSTE AUSBREITUNGSSITUATION:      16.3 M

DIE POTENTIELL ZÜNDFAEHIGE MASSE IM AUSBREITUNGSGBIET BETRAEGT IM
MITTLEREN FALL .840E-01 KG, UND IM UNGUENSTIGSTEN FALL .153E+00 KG.

DIE DIMENSIONEN DER IM AUSBREITUNGSGBIET STEHENDEN HINDERNISSE BE-
RECHNEN SICH MIT HILFE DER CHARAKTERISTISCHEN LAENGE LCC = .08 M
(C) ME/KLM
```

Ausbreitung ungehindert in der Ebene

DER STÖRFALL WURDE GEMÄSS ABSCHNITT 3.3 DER RICHTLINIE UDI 3783  
-BLATT 2- ALS KONTINUIERLICHER STÖRFALL BEHANDELT.

ES IST MIT FOLGENDEN UNTEREN ZUENDDISTANZEN ZU RECHNEN:

MITTLERE	AUSBREITUNGSSITUATION:	1.8 M
UNGUENSTIGSTE	AUSBREITUNGSSITUATION:	4.4 M

DIE POTENTIELL ZUENDFÄHIGE MASSE IM AUSBREITUNGSGBIET BETRÄGT IM  
MITTLEREN FALL  $.133E-02$  KG, UND IM UNGUENSTIGSTEN FALL  $.334E-01$  KG.

DIE DIMENSIONEN DER IM AUSBREITUNGSGBIET STEHENDEN HINDERNISSE BE-  
RECHNEN SICH MIT HILFE DER CHARAKTERISTISCHEN LÄNGE  $LCC = .08$  M  
(C) ME/KLM

Ausbreitung mit Schutzzaun in Lee fern

DER STÖRFALL WURDE GEMÄSS ABSCHNITT 3.3 DER RICHTLINIE UDI 3783  
-BLATT 2- ALS KONTINUIERLICHER STÖRFALL BEHANDELT.

ES IST MIT FOLGENDEN UNTEREN ZUENDDISTANZEN ZU RECHNEN:

MITTLERE	AUSBREITUNGSSITUATION:	6.3 M
UNGUENSTIGSTE	AUSBREITUNGSSITUATION:	9.1 M

DIE POTENTIELL ZUENDFÄHIGE MASSE IM AUSBREITUNGSGBIET BETRÄGT IM  
MITTLEREN FALL  $.543E-01$  KG, UND IM UNGUENSTIGSTEN FALL  $.962E-01$  KG.

DIE DIMENSIONEN DER IM AUSBREITUNGSGBIET STEHENDEN HINDERNISSE BE-  
RECHNEN SICH MIT HILFE DER CHARAKTERISTISCHEN LÄNGE  $LCC = .08$  M  
(C) ME/KLM

Ausbreitung mit Schutzzaun in Luv fern

Mit Errichtung eines Schutzzaunes reduziert sich der Sicherheitsabstand gegenüber dem Ausbreitungsgebiet ungehindert in der Ebene.

Die charakteristische Länge  $L_{cc}$  beträgt in beiden Fällen 0,08, was bedeutet, dass das Modell Luv oder Lee fern von einer Höhe eines Schutzzauns von 18 cm ( $2,24 \times L_{cc}$ ) und einer Entfernung von 1,8 m ( $22,4 \times L_{cc}$ ) von der Emissionsquelle ausgeht.

spontane Freisetzung:

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen modellierten Ausbreitungen liefern für die spontane Freisetzung von 200 g bei der Entspannung der Füllverbindung die folgenden Ergebnisse.

```

DER STÖRFALL WURDE GEMÄSS ABSCHNITT 3.3 DER RICHTLINIE UDI 3783
-BLATT 2- ALS SPONTANER STÖRFALL BEHANDELT.

ES IST MIT FOLGENDEN UNTEREN ZUENDDISTANZEN ZU RECHNEN:

MITTLERE AUSBREITUNGSSITUATION: 10.9 M
UNGUENSTIGSTE AUSBREITUNGSSITUATION: 13.9 M

DIE POTENTIELL ZUENDFÄHIGE MASSE IM AUSBREITUNGSGBIET BETRÄGT
.200E+00 KG.

DIE DIMENSIONEN DER IM AUSBREITUNGSGBIET STEHENDEN HINDERNISSE BE-
RECHNEN SICH MIT HILFE DER CHARAKTERISTISCHEN LÄNGE LCI = .47 M
(C) ME/KLM

```

Ausbreitung ungehindert in der Ebene

```

DER STÖRFALL WURDE GEMÄSS ABSCHNITT 3.3 DER RICHTLINIE UDI 3783
-BLATT 2- ALS SPONTANER STÖRFALL BEHANDELT.

ES IST MIT FOLGENDEN UNTEREN ZUENDDISTANZEN ZU RECHNEN:

MITTLERE AUSBREITUNGSSITUATION: 1.9 M
UNGUENSTIGSTE AUSBREITUNGSSITUATION: 3.1 M

DIE POTENTIELL ZUENDFÄHIGE MASSE IM AUSBREITUNGSGBIET BETRÄGT
.200E+00 KG.

DIE DIMENSIONEN DER IM AUSBREITUNGSGBIET STEHENDEN HINDERNISSE BE-
RECHNEN SICH MIT HILFE DER CHARAKTERISTISCHEN LÄNGE LCI = .47 M
(C) ME/KLM

```

Ausbreitung mit Schutzzaun in Lee fern

DER STÖRFALL WURDE GEMAESS ABSCHNITT 3.3 DER RICHTLINIE UDI 3783  
-BLATT 2- ALS SPONTANER STÖRFALL BEHANDELT.

ES IST MIT FOLGENDEN UNTEREN ZUENDDISTANZEN ZU RECHNEN:

MITTLERE	AUSBREITUNGSSITUATION:	8.9 M
UNGUENSTIGSTE	AUSBREITUNGSSITUATION:	11.3 M

DIE POTENTIELL ZUENDFAEHIGE MASSE IM AUSBREITUNGSGBIET BETRAEGT  
.200E+00 KG.

DIE DIMENSIONEN DER IM AUSBREITUNGSGBIET STEHENDEN HINDERNISSE BE-  
RECHNEN SICH MIT HILFE DER CHARAKTERISTISCHEN LAENGE LCI = .47 M  
(C) ME/KLM

Ausbreitung mit Schutzzaun in Luv fern

Mit Errichtung eines Schutzzaunes reduziert sich der Sicherheitsabstand gegenüber dem Ausbreitungsgebiet ungehindert in der Ebene.

Die charakteristische Länge LCI beträgt in beiden Fälle 0,47, was bedeutet, dass das Modell Luv oder Lee fern von einer Höhe eines Schutzzauns von 19 cm ( $0,4 \times LCI$ ) und einer Entfernung von 1,9 m ( $4 \times LCI$ ) von der Emissionsquelle ausgeht.

### 3.5 Sicherheitsabstände zu betriebsfremden Anlagen und Einrichtungen

Wichtig bei der Betrachtung von Sicherheitsabständen ist, dass diese nicht von jedweder betriebsfremden Einrichtung einzuhalten sind. Gemäß dem technischen Regelwerk ist der hier vorliegende Sicherheitsabstand zunächst von den folgenden Schutzobjekten zu den lösbaren Verbindungen der Flüssiggasanlage zu bemessen, in denen sich Flüssigphase befindet oder beim Befüll- oder Entleervorgang Flüssigphase befinden kann.

- Wohngebäude,
- betriebsfremde Anlagen, Gebäude und Einrichtungen außerhalb des Werkgeländes, in oder auf denen sich dauernd oder regelmäßig Menschen aufhalten, zu deren Schutz bei störungsbedingten Gasaustritten nicht ebensolche Vorsorgemaßnahmen getroffen sind, wie für die eigenen Mitarbeiter (Alarm- und Gefahrenabwehrpläne),
- betriebsfremde Anlagen, Gebäude und Einrichtungen innerhalb des Werkgeländes, in oder auf denen sich dauernd oder regelmäßig und gleichzeitig eine größere Anzahl von betriebsfremden Menschen aufhalten, zu deren Schutz bei störungsbedingten Gasaustritten nicht ebensolche Vorsorgemaßnahmen getroffen sind, wie für die eigenen Mitarbeiter (Alarm- und Gefahrenabwehrpläne) und
- öffentliche Verkehrswege (mit entsprechender Frequentierung).

Weitere Definitionen zu Schutzobjekten können auch dem zurückgezogenen Leitfaden der Störfallkommission SFK-GS-04 als Erkenntnisquelle wie folgt entnommen werden.

1. Gebäude mit Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen, wie
  - Wohngebäude,
  - Krankenhäuser,
  - Schulen,
  - Kindergärten.

2. Besonders schutzwürdige Kultur- und Sachgüter, falls durch Veränderung ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird, zum Beispiel Kulturdenkmäler.
3. Versammlungsstätten im Freien, wie
  - Sportstätten,
  - Freibäder,
  - Versammlungsplätze.
4. Öffentliche Verkehrsflächen, wie
  - Straßen,
  - Schienenwege,
  - Wasserstraßen.
5. Die Umwelt, insbesondere
  - Tiere und Pflanzen,
  - Boden und Gewässer oder
  - besonders schutzwürdige Gebiete, wie Wasserschutzgebiete, zu schützende landwirtschaftliche Flächen, bestimmte Biotop, Natur- und Landschaftsschutzgebiete, falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird.

Weiterhin können die Definitionen zu schutzbedürftigen Gebieten i. S. d. § 50 Satz 1 BImSchG aus dem Leitfaden der Kommission für Anlagensicherheit KAS-18 Anhaltspunkte geben, was unter besonders schutzwürdigen Objekten zu verstehen ist, wenngleich es hier um Definitionen des sog. angemessenen Sicherheitsabstandes und nicht um den Sicherheitsabstand gegen vernünftigerweise nicht ausschließbare Störfälle im Sinne des technischen Regelwerks (z.B. TRBS 3146) geht. Es kann aber festgehalten werden, dass, wenn die folgenden Objekte und Einrichtungen für die Bemessung des angemessenen Sicherheitsabstandes gelten, sie für den Sicherheitsabstand i.S.d. der TRBS 3146 in jedem Fall betrachtet werden sollten.

- 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.

Zusammengefasst lässt sich aus den v.g. Definitionen der Tenor deutlich erkennen, was besonders schutzwürdige Objekte oder Bereiche sind, von denen der Sicherheitsabstand i.S.d. des vorliegenden Dokumentes eingehalten werden sollte. Das Ergebnis für den konkret betrachteten Einzelfall und die Bewertung des hinreichenden Sicherheitsabstandes kann dem folgenden Kapitel entnommen werden.

## 4 Ergebnis

Der Sicherheitsabstand für die ungehinderte Ausbreitung ergab sich gemäß der vorhergehenden Kapitel zu 10,9 m (spontane Freisetzung) bzw. 10,5 m (kontinuierliche Freisetzung).

Unter Berücksichtigung eines Ausbreitungshindernisses im Lee der Domschächte reduziert sich der Sicherheitsabstand auf 1,9 m (spontane Freisetzung) bzw. 1,8 m (kontinuierliche Freisetzung). Dieser Wert wird auf 2 m um die Domschachtwandungen aufgerundet, um beide Szenarien abzudecken.

Das gleiche Ausbreitungshindernis im Luv der Domschächte ergibt einen Sicherheitsabstand von 8,9 m (spontane Freisetzung) bzw. 6,3 m (kontinuierliche Freisetzung). Dieser Wert wird auf 9 m um die Domschachtwandungen aufgerundet, um beide Szenarien abzudecken.

Es ist geplant, ein Ausbreitungshindernis in 3 Richtungen um die Domschächte anzulegen. Lediglich in Richtung Zufahrt ist kein Ausbreitungshindernis geplant. Der Abstand der Ausbreitungshindernisse beträgt gemäß Ergebnis des Rechenprogrammes 1,9 m bezogen auf die Domschachtmitte.

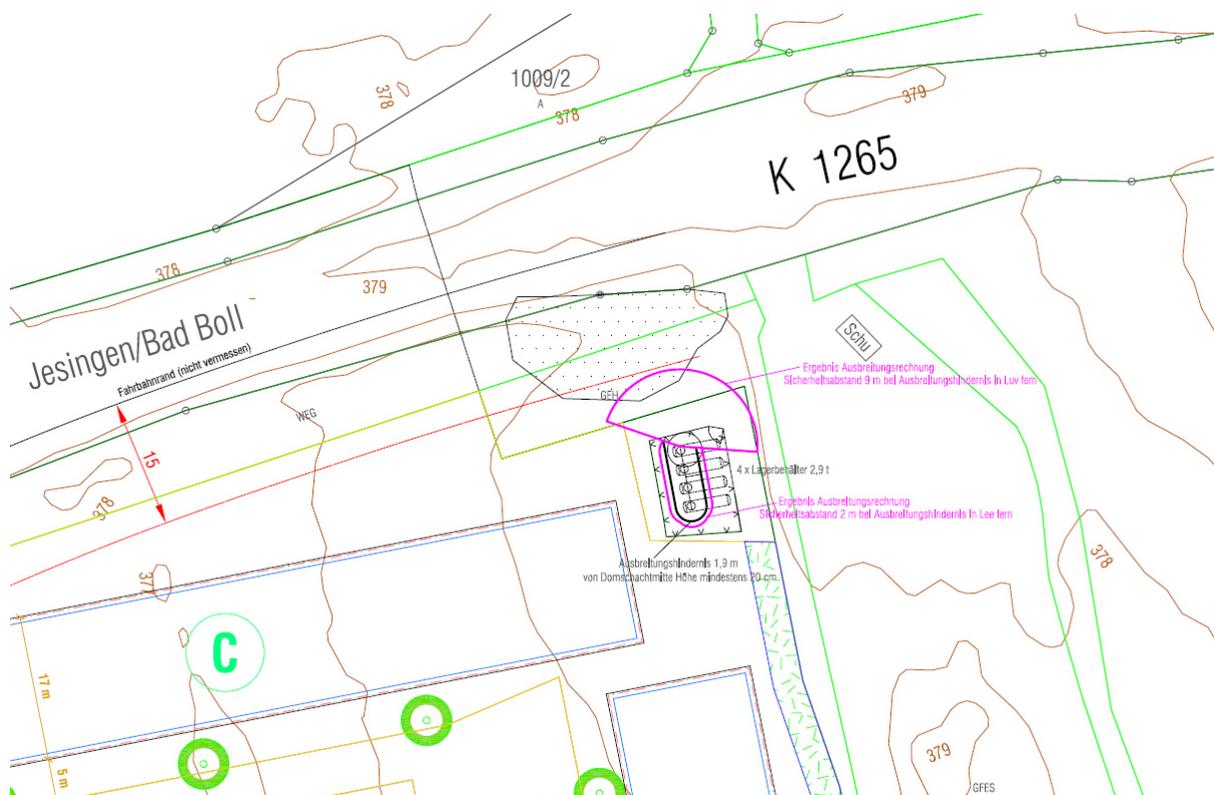
Die erforderliche Mindesthöhe der Ausbreitungshindernisse beträgt gemäß Ergebnis des Rechenprogrammes 19 cm (spontane Freisetzung) bzw. 18 cm (kontinuierliche Freisetzung). Diese wird auf 20 cm aufgerundet, um beide Szenarien abzudecken.

**Größere Abstände oder größere Höhen verbessern das Ergebnis, sodass das Gas so stark verdünnt wird, dass mit einer zündfähigen Schwergaswolke hinter dem Ausbreitungshindernis nicht mehr zu rechnen ist.**

Der zu berücksichtigende Sicherheitsabstand ergibt dadurch zu 9 m (Hindernis in Luv der Domschächte) bzw. 2 m (Hindernis in Lee der Domschächte), der z.B. zu Wohngebäuden, betriebsfremde Anlagen, Gebäuden und Einrichtungen sowie entsprechend frequentierten, öffentlichen Verkehrswegen von den betrachteten Emissionsquellen (Lösen der Füllverbindung bzw. Leckage bei der Befüllung) einzuhalten ist. Betriebseigene Anlagen, Gebäude und Einrichtungen innerhalb des Werkgeländes, in oder auf denen sich dauernd oder

regelmäßig und gleichzeitig eine größere Anzahl von betriebsfremden Menschen aufhalten, existieren nicht.

Somit ergibt dies das folgende Abstandsbild.



Es ist zu erkennen, dass der Sicherheitsabstand im Wesentlichen innerhalb des eingezäunten Standortes im bodennahen Bereich bleibt. Lediglich im Norden ragt er auf unbebautes Grüngelände, das jedoch keine Schutzobjekte i.S.d. Regelwerks beinhaltet. Die vorbeiführende K 1265 Jesingen/Bad Boll verläuft noch 15 m weiter nördlich im Anschluss an den berechneten Sicherheitsabstand.

Damit kann der Sicherheitsabstand für den betrachteten Fall in alle Richtungen hinreichend eingehalten werden.

Auf Grund der Vielzahl der Parameter und der nicht immer wissenschaftlich exakten, sondern empirisch übertragenen Rechenweisen und Modelle auf die Wirklichkeit, war es unerlässlich, einige Näherungen und Annahmen in dieser Ausbreitungsrechnung zu treffen. Diese wurden jedoch wie beschrieben immer konservativ gewählt, so dass diese nicht nur unkritisch sind, sondern in Ihrer Gesamtheit einen nicht unerheblichen zusätzlichen Sicherheitsfaktor

darstellen können, der mutmaßlich die tatsächliche Reichweite einer hypothetischen Gasausbreitung weiter reduzieren könnte.