

Ausfertigung 01

**Ermittlung des angemessenen  
Sicherheitsabstandes  
zu zwei Kugelgasbehältern in Kaiserslautern  
nach §50 BImSchG  
auf der Basis der Leitfäden KAS-18 und KAS-32  
im Rahmen der  
Bauleitplanung für das ehemalige Pfaff-Gelände**

**Auftraggeber:**

**Stadtverwaltung Kaiserslautern  
Referat Umweltschutz  
Untere Immissionsschutzbehörde**

**Bearbeitungsstand: 09.05.2017**

<b>Auftrags- /Gutachtennummer</b>	0246-01-20160509
<b>Projekt</b>	Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes nach §50 BImSchG auf der Basis der Leitfäden KAS-18 und KAS-32 der
<b>Angaben zum Prüfobjekt:</b>	Die SWK betreibt am Standort Kaiserslautern, Brandenburger Straße 2 zwei 2 Kugelgasbehälter mit einem Fassungsvermögen von insgesamt ca. 40.000 m <sup>3</sup> .
<b>Angaben zum Auftraggeber:</b>	Stadtverwaltung Kaiserslautern Referat Umweltschutz Untere Immissionsschutzbehörde Rathaus Nord Lauterstraße 2 67657 Kaiserslautern
<b>Angaben zum Auftragnehmer:</b>	SGS-TÜV Saar GmbH Rheinpromenade 12 67061 Ludwigshafen

---

<b>Projektleiter:</b>	Dr. Karl-Heinz Enderle
<b>Weitere beteiligte Gutachter:</b>	Frank Rödler, Sachverständiger nach §29b BImSchG

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	3
<b>1 Aufgabenstellung.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Anlagenbeschreibung des Störfallbetriebs.....</b>	<b>4</b>
2.1 Lageplan Anlage und ehemaliges Pfaffgelände .....	8
<b>3 Der Leitfaden KAS-18: Vorgehen bei der Abstandsberechnung .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Vorgehen bei der Berechnung im Fall von Erdgas.....</b>	<b>11</b>
4.1 Details der Störfallszenarien .....	12
<b>5 Abstandsermittlung .....</b>	<b>12</b>
5.1 Gasausbreitung.....	12
5.2 Brand, Freistrahл .....	15
<b>6 Bewertung der Ergebnisse.....</b>	<b>16</b>
6.1 Gasausbreitung mit anschließendem Brand/Explosion .....	16
6.2 Brand des Freistrahls .....	17
<b>7 Zusammenfassung .....</b>	<b>17</b>

## 1 Aufgabenstellung

Die SGS-TÜV Saar GmbH wurde von der Stadtverwaltung Kaiserslautern, Referat Umweltschutz beauftragt, im Rahmen der Bauleitplanung für das ehemalige Pfaff-Gelände eine Ermittlung des angemessenen Abstandes von Gebäuden zu zwei bestehenden Kugelgasbehälter der Stadtwerke Kaiserslautern (SWK), Brandenburger Straße 2 durchzuführen. Diese befinden sich westlich des ehemaligen Pfaffgeländes und sind durch die Bahnlinie Kaiserslautern – Saarbrücken von diesem getrennt.

Die Abstandsermittlung erfolgt auf der Basis der Leitfäden

- **KAS-18 „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung §50 BImSchG“** und
- **KAS-32 „Arbeitshilfe - Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfäden KAS-18“**.

Grundlage hierfür sind die in der Anlage gehandhabten Gefahrstoffe nach Anhang I der Störfall-Verordnung. Im Fall der Kugelgasbehälter handelt es sich um Erdgas.

Die geltenden rechtlichen Bestimmungen und die nachgeordneten gesetzlichen und anderen Regelungen sind zu beachten, insbesondere

- § 50 Bundes-Immissionsschutzgesetz
- KAS 18 und KAS 32-Leitfaden
- Störfall-Verordnung bzw. Umsetzung der Richtlinie 2012/18/EU
- VDI 3783 (Berechnungsgrundlage)

Die am vorliegenden Gutachten beteiligten Personen haben folgende Themenschwerpunkte bearbeitet:

Herr Dr. Enderle:

Berechnung der Auswirkungsszenarien und Erstellen der Grafiken

Herr Rödler:

Sachverständiger nach § 29b BImSchG

## 2 Anlagenbeschreibung des Störfallbetriebs

Die SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG betreibt am Standort Brandenburger Straße 2 zwei einwandige Kugelgasbehälter mit einem Fassungsvermögen von jeweils 20.000 m<sup>3</sup>. Bei einem maximalen Betriebsdruck von 6,2 bar beträgt die Erdgaslagermenge insgesamt 192.430 kg.

Die Behälter sind kontinuierlich drucküberwacht und verfügen über eine mechanische Druckabsicherung (redundant ausgeführte Sicherheitsabsperrventile und

Sicherheitsabblaseventile an der Übernahmestation und an den Kugelgasbehältern). Über Absperrarmaturen können die Gasspeicher vom Netz und von der Übernahmestation abgetrennt werden.

Die Anlage ist genehmigungspflichtig nach Ziffer 9.1.1.1 des Anhangs 1 der 4. BImSchV.

Gemäß Störfallverordnung in der geänderten Fassung vom 9.01.2017 (Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 3, ausgegeben zu Bonn am 13. Januar 2017), Anhang I wird Erdgas namentlich in Spalte 1, Nr. 2.1 genannt. Die Mengenschwellen zur Einstufung des Betriebsbereiches gemäß Anhang I lauten:

Mengenschwellen in kg Betriebsbereiche nach	
§ 1, Abs. 1, Satz 1 Spalte 4	§ 1, Abs. 1, Satz 2 Spalte 5
50.000	200.00

Bei einer maximalen Gesamtlagermenge von 192.430 kg ist die Anlage der Spalte 4, Anhang I der Störfallverordnung zuzuordnen (Betriebsbereich der unteren Klasse).

Die Anlage stellt gemäß §3 Abs. 5a, BImSchG, einen Betriebsbereich dar und unterliegt den Anforderungen der Pflichten der 12. BImSchV (Störfall-Verordnung) mit Ausnahme der §§ 9 bis 12.

Zum Betriebsbereich Brandenburger Straße 2 gehören entsprechend dem SWK-Konzept vom 19.12.2016 nach §8 der Störfallverordnung die folgenden Einrichtungen:

- Kugelgasbehälter
- Druckregelanlage
- Werkstätten
- Sozialräume
- Rohrnetzlager
- Werkstätten und Büro der EUS GmbH (Tochtergesellschaft der SWK)
- Messstellenbetrieb mit Büroräumen
- Kundenberatung
- Erdgastankstelle

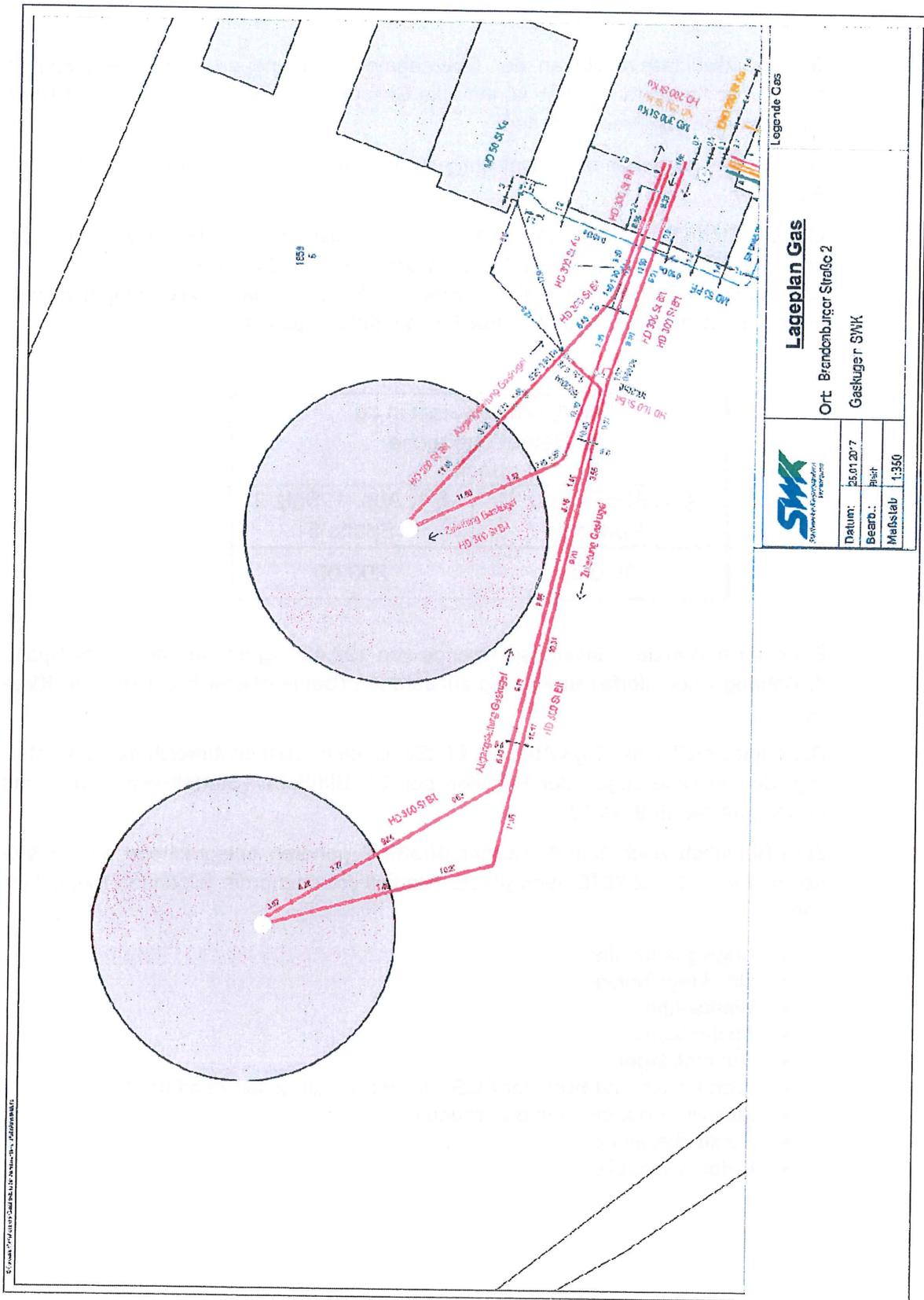


Abb. 2-1: Lageplan der relevanten Rohrleitungen

Das Störfallkonzept (Stand 19.12.2016) nach § 8 der Störfallverordnung und der Rohrleitungsplan wurde dem Gutachter vom Störfallbetrieb zur Verfügung gestellt.



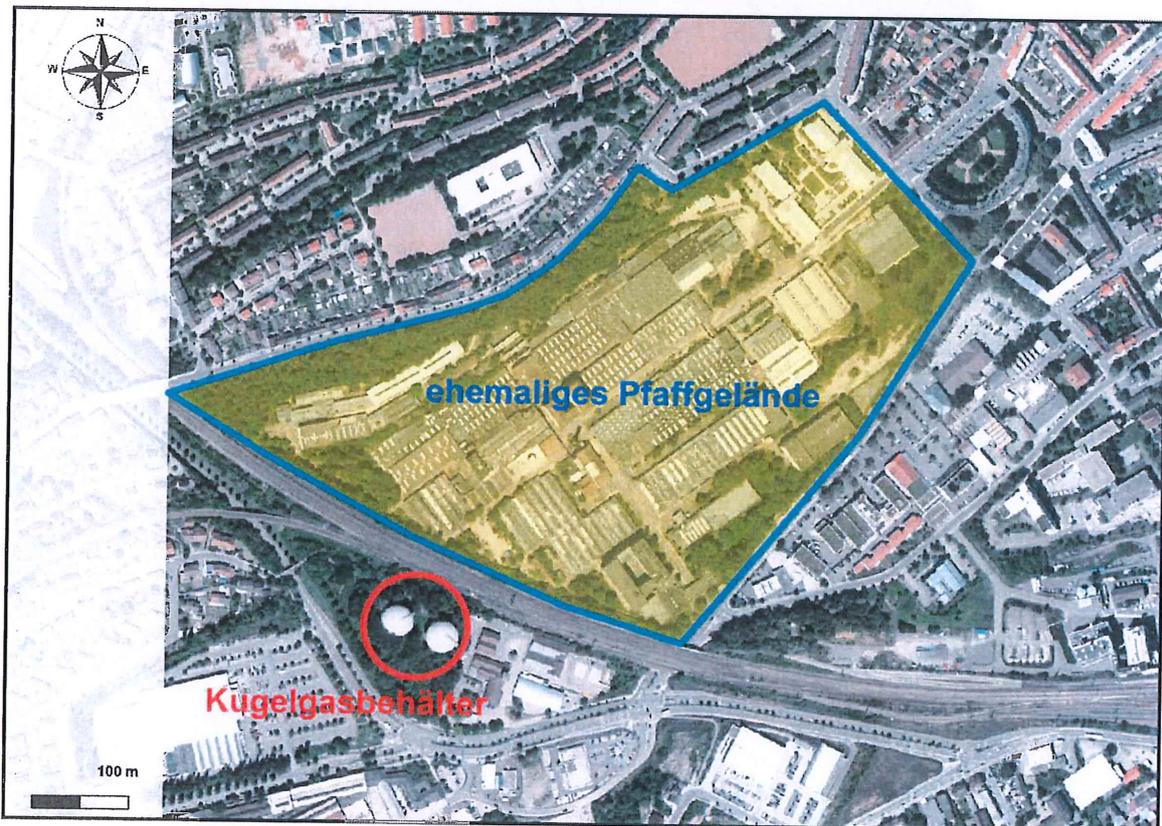
**Abb. 2-2:** Ansicht der Gaszu-/ableitungen (DN300) der Kugelgasbehälter  
(Fotos: SGS-TÜV Saar GmbH)

## 2.1 Lageplan Anlage und ehemaliges Pfaffgelände

Das Pfaffgelände befindet sich nordöstlich der Kugelgasbehälter und der ICE/IC-Strecke Kaiserslautern – Saarbrücken. Der kürzeste Abstand der Bahnlinie von den Behältern beträgt 30 m, die Entfernung zum nächstgelegenen Wohnhaus west-nordwestlich ca. 125 m.

Die zwischen dem Betriebsgelände und dem ehemaligen Pfaffgelände verlaufende Bahntrasse liegt auf einem Damm, der an dieser Stelle ca. 3 bis 4 m über dem natürlichen Gelände verläuft.

Insofern besteht eine gewisse Abschirmungswirkung in nordwestlicher Richtung, die geeignet ist, Schadstoffausbreitung von Gasen schwerer als Luft zu behindern, Druckwellen unter Umständen abzuschwächen sowie Hitzestrahlung abzuschwächen. **Abb. 2-3** zeigt das Umfeld der Anlage und das zu überplanende Gelände.



**Abb. 2-3:** Lage der Kugelgasbehälter und des ehemaligen Pfaffgeländes  
(Luftbild Quelle: Google Earth)

Von der Stadtverwaltung wurde die nachstehende vorläufige Überplanungskarte des ehemaligen Pfaffgeländes zur Verfügung gestellt (s. **Abb. 2-4**).



Die Abstandsempfehlungen des Leitfadens KAS-18 beziehen sich ausschließlich auf das Schutzgut Mensch.

Er ist nicht anwendbar bei:

- Genehmigungen von Einzelvorhaben innerhalb von Betriebsbereichen
- vorhandenen Bebauungen
- und der externen Notfallplanung

Der Leitfaden KAS-18 stellt insbesondere auf die folgenden Planungsfälle ab:

- Ausweisung neuer Baugebiete für Betriebsbereiche,
- die planungsrechtliche Ausweisung von Flächen für Betriebsbereichserweiterungen bzw.
- das Heranrücken schutzbedürftiger Nutzungen an bestehende Betriebsbereiche.

Für den Fall Planungen im Umfeld von Betriebsbereichen (Nr. 3.2 Leitfaden KAS-18) wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

***Der Verlust des gesamten Inventars, der Verlust der größten zusammenhängenden Menge, Behälterbersten und der Abriss sehr großer Rohrleitungen sind beim Land-use-planning nicht zu berücksichtigen, da sie bei Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik zu unwahrscheinlich sind.***

***Bei Prozessanlagen und bei Lageranlagen ist davon auszugehen, dass Leckagen aus vorhandenen Rohrleitungen, Behältern, Sicherheitseinrichtungen etc. auftreten können.***

- *In der Regel wird als Ausgangspunkt der Überlegung von einer Leckfläche von 490 mm<sup>2</sup> (entspricht einem Äquivalentdurchmesser von 25 mm) ausgegangen.*
- *In einer Einzelfallbetrachtung wird unter Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Technik die zugrunde zu legende Leckfläche bestimmt.*
- *Als minimale Grundannahme wird empfohlen, dass eine Leckfläche von 80 mm<sup>2</sup>, entsprechend einem Äquivalentdurchmesser von 10 mm, nicht unterschritten wird.*
- *Auswirkungsbegrenzende Maßnahmen sind zu berücksichtigen, soweit sie durch die zugrunde liegenden Ereignisse nicht gestört sind.*

Gemäß dem Leitfaden KAS-18 sind relevante Szenarien für

- *Stofffreisetzungen*
- *Brand und*
- *Explosion*

zu betrachten.

Für die durchzuführenden Berechnungen gilt:

- *der Massenstrom ist entsprechend den Betriebsbedingungen und unter Voraussetzung eines scharfkantigen Lecks (**Ausflussziffer: 0,62**) zu berechnen.*
- *die **Umgebungstemperatur ist mit 20 °C** anzusetzen.*
- *es ist eine mittlere Wetterlage nach VDI-Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion zu betrachten.*
- *als Beurteilungswerte sind die gleichen Werte heranzuziehen, die für die Herleitung der Achtungsabstände verwendet wurden (ERPG-2-Wert / 1,6 kW/m<sup>2</sup> / 0,1 bar)*

Unter diesen Berechnungsvoraussetzungen entspricht der Ausbreitungsradius bis zum Beurteilungswert dem angemessenen Abstand des Einzelfalls

## 4 Vorgehen bei der Berechnung im Fall von Erdgas

Erdgas besteht hauptsächlich aus Methan (83 bis 97 Mol-%). Je nach Herkunft können ca. 1 bis 7 % Ethan und bis zu 10 % Stickstoff enthalten sein. Andere Bestandteile können einen Volumenanteil von wenigen Prozent erreichen.

Da weder für Methan noch für Ethan ERPG-Werte hinterlegt sind, spielt die Schadstoffkonzentration für eine Abstandsberechnung keine Rolle.

Es werden aus diesem Grund lediglich Brand- und Explosionsszenarien betrachtet.

Es wird für die Berechnungen davon ausgegangen, dass das Erdgas zu 100 % aus Methan besteht. Da Methan eine Normdichte von 0,72 kg/m<sup>3</sup> besitzt, ist es deutlich leichter als Luft (Normdichte 1,29 kg/m<sup>3</sup>). Die Gasausbreitung nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 (Leichtgasausbreitung) geht konservativ von einem dichteneutralen Gas aus.

Nach Nr. 3.2 „Planungen im Umfeld von Betriebsbereichen“ des KAS-18 – Leitfadens sind bei Einhaltung des Standards der Sicherheitstechnik **„der Verlust des gesamten Inventars, der Verlust der größten zusammenhängenden Menge, Behälterbersten und der Abriss sehr großer Rohrleitungen nicht beim Land-use-planning zu berücksichtigen, da sie bei Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik zu unwahrscheinlich sind“**.

Die in Nr. 3.2 des Leitfadens KAS-18 genannten Szenarien und Berechnungsgrundlagen werden berücksichtigt.

## 4.1 Details der Störfallszenarien

Entsprechend Nr. 3.2 des Leitfadens KAS-18 werden die folgenden Szenarien angesetzt:

1. Auftreten einer Leckage an vorhandenen Rohrleitungen, Behältern, Sicherheitseinrichtungen etc. und Stofffreisetzung
2. Ausbreitung der Gaswolke und Brand/Explosion

Dabei wird ein Leck mit einer Leckfläche von  $490 \text{ mm}^2$  (25 mm Äquivalentdurchmesser) angenommen. Die Quelhöhe beträgt 2 m über der Flur. Der Bahndamm wird bei der Ausbreitungsrechnung nicht berücksichtigt. Entsprechend Nr. 2.3 b) des KAS-18-Leitfadens wird eine Freisetzungsdauer von 10 Minuten und ein Gasdruck von 6,2 bar (maximaler Betriebsdruck) angesetzt.

Die Ausflussziffer wird mit 0,62 angesetzt (scharfkantiges Leck).

Die Umgebungstemperatur beträgt  $20 \text{ °C}$  und die mittlere Windgeschwindigkeit  $2,4 \text{ m/s}$ . Für die Bodenrauigkeit wird konservativ ein  $z_0$ -Wert von 0,8 m angenommen (s. Anhang 3, Leitfaden KAS-18).

Beurteilungswerte sind, sofern anwendbar der ERPG-2 Wert, eine Wärmestrahlung von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  und ein Explosionsdruck von 100 hPa.

Die Berechnungen werden mit dem Störfallausbreitungsprogramm ProNuSs, Version 9.10, durchgeführt.

## 5 Abstandsermittlung

### 5.1 Gasausbreitung

#### Berechnung des freigesetzten Massenstroms für Methan aus einem Leck oder Sicherheitsventil:

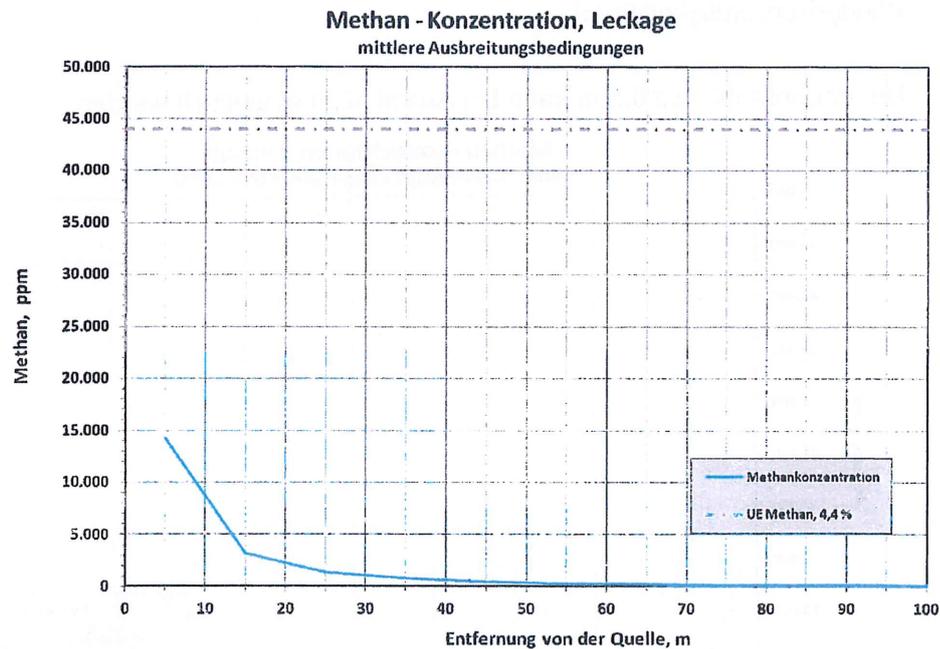
Programm Version:	9.10
Stoffdaten:	
Ausgewählter Stoff:	Methan
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	16,04
Isentropenexponent [-]:	1,301
Realgasfaktor [-]:	0,986
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	6,2
Überdruck [bar]:	5,187
Gasdichte [ $\text{kg/m}^3$ ]:	4,14
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	2,2418
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	4,4
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	16,5
KG-Wert [bar m/s]:	75,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	49,86
Diffusionskoeffizient in Luft [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]:	$1,82\text{e-}05$
Temperaturklasse:	T1

Explosionsgruppe:	II A
Eingabedaten:	
Leckfläche [mm <sup>2</sup> ]:	490,00
Ausflußziffer [-]:	0,62
Anzahl der Lecks:	1
Ergebnisse:	
Massenstrom [kg/s]:	0,325

Anmerkung:

Berechnungen für Aufpunkte mit Quellentfernungen von unter 100 m oder Aufpunkte neben der Fahnenachse (YA<>0) entsprechen nicht der Richtlinie VDI 3783 Blatt 1. Die Berechnungen wurden mit dem Störfallmodell „ProNuSs“ Version 9.10. durchgeführt.

**Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung gemäß VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1:**



**Abb. 5-1:** Methankonzentration nach VDI 3783, Blatt 1

Die untere Explosionsgrenze wird nicht erreicht. In 5 m Entfernung wird eine Methankonzentration von 1,43 % berechnet.

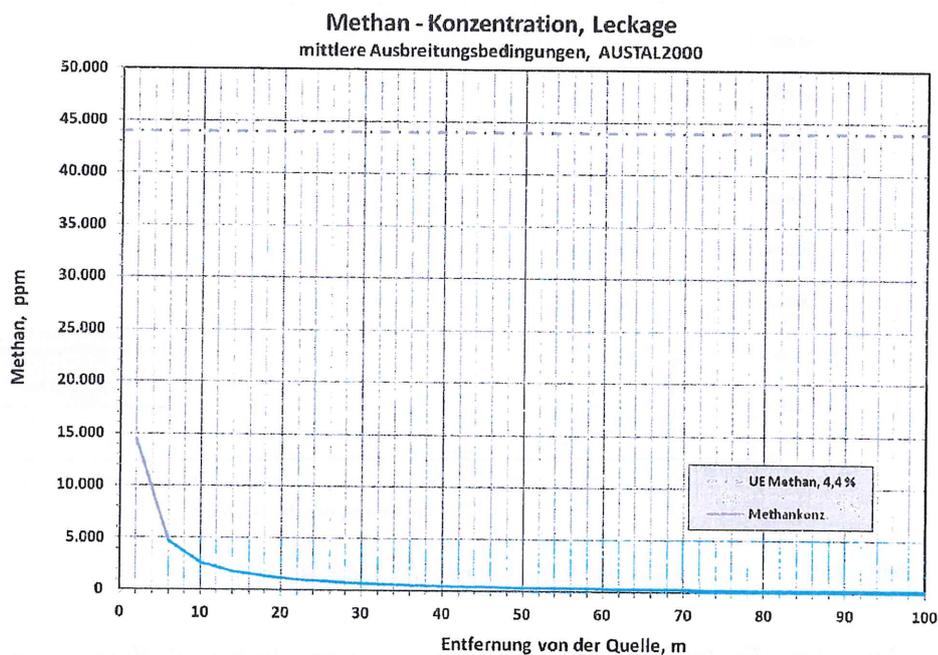
**Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung gemäß TA Luft / AUSTAL2000:**

Wegen der Unsicherheiten der Konzentrationswerte bei einer Berechnung nach VDI-3783 Blatt 1 bei Distanzen < 100 m wird zusätzlich noch eine Berechnung mit AUSTAL2000 (TA Luft Ausbreitungsmodell, integriert in ProNuSs 9.10) durchgeführt.

Parameter der Ausbreitungsrechnung:

Freisetzungshöhe [m]:	2,0
Abmessung der Quelle	
Quelltiefe [m]:	0,0
Quellbreite [m]:	0,0
Quellhöhe [m]:	2,0
Geschachteltes Rechengitter	
Schrittweiten in X/Y-Richtung [m]:	1.00 2.00 4.00
Umgebungsbedingungen	
Bodenrauigkeit [m]:	1,0
Ausbreitungsklasse:	indifferent bis leicht stabil (Pasquill: D)
Windgeschwindigkeit [m/s]:	2,4

Die Bodenrauigkeit 0,8 m kann bei Austal nicht eingestellt werden.



**Abb. 5-2:** Methankonzentration, berechnet mit AUSTAL2000.

Die untere Explosionsgrenze wird nicht erreicht. In 2 m Entfernung wird eine Methankonzentration von 1,45 % berechnet. In einer Entfernung von 3,8 m von der Leckage wird die Konzentration von 1 % unterschritten.

Eine zündfähige Konzentration in der Atmosphäre, die zu einer Explosion/ Verpuffung führen kann, wird nicht erreicht. Dies entspricht auch der Feststellung im KAS 18 Leitfaden, Anhang 3, Nr. 2.1, dass „große Gaswolken mit explosionsfähiger Masse nur bei der Freisetzung von Gasen mit gegenüber der Luft höherer Dichte zu erwarten sind“.

## 5.2 Brand, Freistrahler

### Berechnung der Wärmestrahlung der Gasflamme bei einem horizontal aus einem Leck austretenden Gasstrom

Dieser Fall ist wegen der Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik und in Verbindung mit den regelmäßigen sicherheitstechnischen Überprüfungen der Anlagen als „Dennoch-Störfall“ einzuschätzen. Ein Folgeereignis durch Unterfeuerung der Gaskugeln könnte zum Behälterbersten führen und ist nach Nr. 3.2 des KAS-18 Leitfadens nicht zu berücksichtigen, da bei Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik dies zu unwahrscheinlich ist.

Der horizontale Gasaustritt verursacht den größten notwendigen horizontalen Abstand, um den Beurteilungswert des KAS-18 Leitfadens von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  zu unterschreiten.

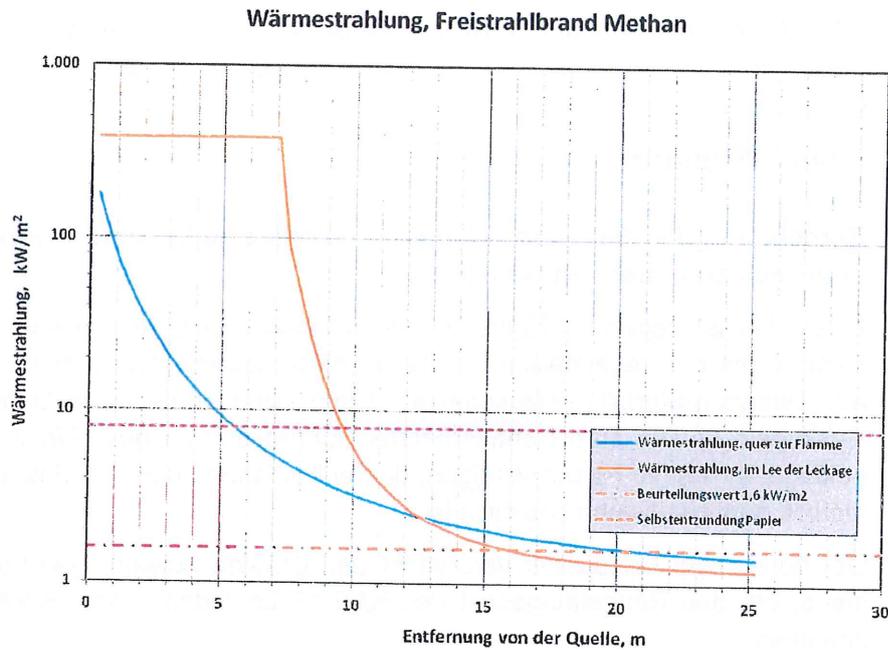
Eingabedaten:

Massenstrom [kg/s]:	0,33
Durchmesser [mm]:	25,00
Windgeschwindigkeit in 10 m [m/s]:	2,40
Exponent des Geschwindigkeitsprofils [-]:	0,28
Austrittswinkel [°]:	0,00
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00
Rußanteil [%]:	0,00
Austrittshöhe [m]:	2,00
Höhe der bestrahlten Stelle [m]:	2,00
Sonnenstrahlung [ $\text{kW/m}^2$ ]:	1,10
Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [ $\text{kW/m}^2$ ]:	1,60
Emissionsgrad [-]:	0,90

Modell: Johnson

Ergebnisse:

Machzahl $M_j$ [-]:	1,54
Effektiver Austrittsdurchmesser $D_s$ [m]:	0,02
Austrittsgeschwindigkeit $U_j$ [m/s]:	589,20
Austrittstemperatur $T_j$ [K]:	215,72
$Lb_0$ [m]:	9,09
Windgeschwindigkeit in Freisetzungshöhe [m/s]:	1,53
Winkel zwischen Flamme und Horizontaler [°]:	5,04
Flammenlänge [m]:	5,32
Abstand Freisetzungsort - Flamme [m]:	2,13
Minimaler Flammendurchmesser [m]:	0,26
Maximaler Flammendurchmesser [m]:	0,61
max. Strahlungsintensität der Flamme [ $\text{kW/m}^2$ ]:	379,52



**Abb. 5-3: Wärmestrahlung durch die Freistrahlf Flamme.**

Ab einem seitlichen Abstand von 21 m und einem Abstand von 16 m in Richtung des Freistrahls im Lee der Leckage ist bei Berücksichtigung einer Bestrahlungsstärke durch die Sonne von  $1,1 \text{ kW/m}^2$  der Beurteilungswert von  $1,6 \text{ kW/m}^2$  unterschritten.

## 6 Bewertung der Ergebnisse

### 6.1 Gasausbreitung mit anschließendem Brand/Explosion

Die reine Gasausbreitung von Erdgas bzw. Methan stellt im Rahmen des KAS-18 Leitfadens kein Hindernis für Planungen im Umfeld des Betriebsbereiches der Kugelgasbehälter dar. Weder für Erdgas noch für Methan sind ERPG-Werte (Emergency Response Planning Guidelines) festgelegt.

Bei einem Gasaustritt stellt sich bei den mittleren Windbedingungen keine explosionsfähige Atmosphäre ein. Der Grund hierfür ist, dass das Gas leichter als Luft ist und deshalb schnell nach oben steigt und die Konzentration sich rasch verdünnt.

## 6.2 Brand des Freistrahls

Bei diesem Szenario wurde davon ausgegangen, dass ein Leck entsteht und der Gasstrom horizontal gebündelt austritt. Unter diesen Bedingungen wird eine Flammenlänge von 5,3 m berechnet. Ab einer Entfernung von 21 m quer zur Flamme wird auch bei voller Sonnenbestrahlung der Beurteilungswert von 1,6 kW/m<sup>2</sup> unterschritten. Die Auswirkungen bleiben somit auf das Betriebsgelände beschränkt.

Wegen des vorhandenen Bewuchses ist zu erwarten, dass der Freistrahls deutlich kürzer ausfällt.

## 7 Zusammenfassung

Die SGS-TÜV Saar GmbH wurde von der Stadtverwaltung Kaiserslautern, Referat Umweltschutz beauftragt, eine Ermittlung des angemessenen Abstandes auf Basis der Leitfäden KAS-18 „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten (hier das ehemalige Pfaffgelände) im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung §50 BImSchG“ durchzuführen.

Störfallverhindernde und störfallbegrenzende Maßnahmen wurden nicht berücksichtigt.

Die Wärmestrahlung des untersuchten Brandereignisses (Brand des Freistrahls) erreicht keine Gebiete außerhalb des Betriebsbereiches und ist ab einer Entfernung von 21 m gemessen vom Rand der Kugelgasbehälter als unkritisch anzusehen.

Das ehemalige Pfaffgelände ist davon nicht betroffen.

Ludwigshafen 09.05.2017



Dr. Karl-Heinz Enderle



Dipl.-Ing. (FH) Frank Rödler  
(Bekanntgegeben als Sachverständiger  
nach §29b BImSchG)

Verteiler:

- Auftraggeber, 2 fach
- SGS Akte

