



Einzelfallprüfung

zur Bestimmung des
angemessenen Sicherheitsabstandes
für die

BGA Hollich

Hollich 81a

48565 Steinfurt

Projektnummer WY 20 8024

Stand: 09. Juni 2020

horst weyer und partner gmbh

Schillingsstraße 329

52355 Düren

Tel.: +49 (0) 41 06 - 64 04 - 203

Fax: +49 (0) 24 21 - 69 09 1 - 201

E-Mail: b.michelsen@weyer-gruppe.com

Web: www.weyer-gruppe.com

Britt Michelsen M.Sc.

Bekannt gegebene Sachverständige
nach § 29b BImSchG

Dipl.-Chem.-Ing. Jörg Brieden

Bekannt gegebener Sachverständiger
nach § 29b BImSchG



Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung.....	3
2.	Aufgabenstellung	4
3.	Angaben zu den Sachverständigen	4
4.	Unterlagen	5
4.1	Prüfgrundlagen, Betreiberunterlagen	5
4.2	Rechtsgrundlagen, Regelwerke, Programme, Quellen.....	5
5.	Ermittlung angrenzender schutzbedürftiger Nutzung	6
6.	Freisetzungsszenarien.....	7
7.	Ausbreitung Methan.....	9
8.	Explosion.....	13
9.	Freistrah-Flamme	15
10.	Ausbreitung Schwefelwasserstoff	17
11.	Abschlussformel	21
12.	Anhang.....	22



1. Zusammenfassung

Für die Biogasanlage Hollich wurden verschiedene Störfallszenarien zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes im Sinne von § 3 Absatz 5c BImSchG betrachtet. Es wurde ein Austritt des störfallrelevanten Stoffes Biogas untersucht. Hierbei wurden die örtlichen und prozesstechnischen Detailkenntnisse der in Betrieb befindlichen Anlage mit einbezogen. Dabei ergaben sich folgende Erkenntnisse:

Explosion

Die Explosionsereignisse, die aus der ausgetretenen Biogaszwolke resultieren, führen zu keinen Explosionsdrücken, die als ernste Gefahr einzustufen sind.

Brand

Die Auswirkung des Abbrandes eines Biogas-Freistrahls, im Hinblick auf die Wärmestrahlung führt im Bereich von bis zu ca. 114 m um den bestehenden Gasspeicher und ca. 80 m um das geplante Gärrestlager zu einer ernsten Gefahr.

H₂S-Ausbreitung

Die Ausbreitung von Schwefelwasserstoff aufgrund eines Schadens in der Gasspeicherfolie führt im Bereich von ca. 48 m um den bestehenden Gasspeicher zu einer ernsten Gefahr.

Die bei den Ausbreitungsberechnungen der Einzelfallbetrachtung ermittelten Abstände sind in der nachfolgenden Tabelle für die betrachteten Einzel-Szenarien zusammengefasst.

Tabelle 1 Ermittelte maximale Abstände der Szenarien

Kriterium/ Szenario	Grenzwert	Sicherheitsabstand	Gemessen von
Gaswolkenexplosion	100 mbar	Wert wird nicht erreicht	Fermenter, Gärrestlager 3, Bestehender Gasspeicher
Wärmestrahlung: Freistrahlf Flamme	1,6 kW/m ²	Ca. 114 m	Bestehender Gasspeicher
		Ca. 80 m	Gärrestlager 3
		Ca. 7 m	Fermenter
Schwefelwasser-stoff- ausbreitung	30 ppm	Ca. 48 m	Bestehender Gasspeicher
		Wert wird nicht erreicht	Gärrestlager 3, Fermenter

Dabei zeigt sich, dass alle errechneten angemessenen Sicherheitsabstände deutlich kleiner sind als der vorhandene Abstand von mehr als 2 km zum nächsten Wohngebiet und den ca. 1,5 km zum nächsten Naturschutzgebiet.

Zusammenfassend resultiert aus den betrachteten Szenarien „Brand“ und Schwefelwasserstoffausbreitung eine ernste Gefahr. Durch das Szenario „Freistrahlf Flamme“ resultiert ein angemessener Sicherheitsabstand von ca. 114 m bzw. 80 m, durch die Schwefelwasserstoffausbreitung von ca. 48 m. Der resultierende größte angemessene Sicherheitsabstand ist in Anhang 1 graphisch dargestellt.



2. Aufgabenstellung

Die Biogasanlage Hollich der Bioenergie Steinfurt GmbH & Co.KG soll um ein Gärrestlager erweitert werden.

Die Anlage befindet sich in der Kreis Steinfurt in Nordrhein-Westfalen und gehört zum Regierungsbezirk Münster.

Die Adresse des Betriebsbereichs lautet:

Hollich 81 a
48565 Steinfurt

Im Rahmen der Genehmigung zur Errichtung des Gärrestlagers soll die Zulässigkeit hinsichtlich der Auswirkung von Störungen auf schutzbedürftige Gebiete ermittelt werden. Mit Hilfe dieses Gutachtens soll geprüft werden, ob die Empfehlungen gemäß dem Leitfaden KAS-18 in Verbindung mit der Arbeitshilfe KAS-32 für die Biogasanlage eingehalten werden können. Es ist zu ermitteln, welcher angemessene Sicherheitsabstand sich unter Berücksichtigung der Detailkenntnisse ergibt.

Die wesentliche Gefahr beim Betrieb geht von der Freisetzung von Biogas mit anschließendem Brand bzw. Explosionseignis aus. Darüber hinaus bestehen Gefährdungen durch den im Biogas enthaltenen Schwefelwasserstoff (H_2S), der als akut toxisch Kategorie 2 beim Einatmen eingestuft ist.

3. Angaben zu den Sachverständigen

Von Seiten der horst weyer und partner gmbh wurde die Einzelfallbetrachtung von

- Frau Britt Michelsen M. Sc.
Sachverständige nach § 29b BImSchG
(Fachgebiete: 1, 3 und 13)

Und von

- Herrn Dipl.-Chem.-Ing. Jörg Brieden
Sachverständiger nach § 29b BImSchG
(Fachgebiete: 3, 12.1, 13 und 16.1)

erstellt.



4. Unterlagen

4.1 Prüfgrundlagen, Betreiberunterlagen

Die folgenden Unterlagen des Betreibers wurden für die Beurteilung herangezogen:

- [U1] BGA Steinfurt in Hollich Fermenter 1, FARMATIC Anlagenbau GmbH, 14.09.2005
- [U2] BGA Steinfurt in Hollich Fermenter Montageübersicht, FARMATIC Anlagenbau GmbH, 06.11.2007
- [U3] Entwurf Lageplan BGA Hollich, energielenker GmbH, 15.05.2020

4.2 Rechtsgrundlagen, Regelwerke, Programme, Quellen

Die folgenden Rechtsgrundlagen wurden für die Beurteilung herangezogen:

- [R1] BImSchG, Bundes Immissionsschutzgesetz; Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
- [R2] 12. BImSchV, Störfallverordnung
- [R3] KAS-18, Leitfaden, Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG, Kommission für Anlagensicherheit
- [R4] KAS-32 Arbeitshilfe, szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18, 2. überarbeitete Fassung
- [R5] Fachkommission Städtebau der Bauministerkonferenz, Arbeitshilfe; Berücksichtigung des neuen nationalen Störfallrechts zur Umsetzung des Art. 13 Seveso-III-Richtlinie im baurechtlichen Genehmigungsverfahren in der Umgebung von Störfallbetrieben, aktualisierte Fassung / beschlossen am 18. April 2018
- [R6] GESTIS Stoffdatenbank, online, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- [R7] ProNuSs 9.27.3, Programm zur Berechnung der Auswirkungen von Stoff- und Energiefreisetzungen, ProNuSs Engineering GmbH
- [R8] Effects 11.0.7, Based upon the Yellow Book CPR14E, Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung
- [R9] B. A. Younglove und J. F. Ely, „Thermophysical Properties of Fluids. II. Methane, Ethane, Propane, Isobutane, and Normal Butane“, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, Bd. 16, Nr. 4, S. 577–798, Okt. 1987.



5. Ermittlung angrenzender schutzbedürftiger Nutzung

Gemäß KAS-18 sind insbesondere folgende Gebiete, Nutzungen und/oder Objekte als schutzbedürftig einzustufen:

- Baugebiete mit dauerhaftem Aufenthalt von Menschen, wie reine Wohngebiete, Allgemeine Wohngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete und Kerngebiete.
- Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensiblen 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
- Wichtige Verkehrswege z. B. Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen, ICE-Trassen.

Laut der Fachkommission Städtebau der Bauministerkonferenz [R5] „werden einzelne Wohngebäude in der Regel nur dann [als schutzbedürftiges Gebiet] erfasst, wenn sie einem Wohngebiet vergleichbare Dimensionen aufweisen“. Hierunter fallen dem Wohnen dienende Gebäude mit einer Größe von insgesamt mehr als 5000 m² Grundfläche.

Im Umfeld des Vorhabengrundstückes befinden sich ausschließlich einzelne Höfe. Das nächste Wohngebiet liegt in mehr als 2 km Entfernung in südwestlicher Richtung.

Der §50 BImSchG sieht zudem „unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete“ als schutzbedürftige Gebiete an. Um eine Einschätzung von möglichen Störfallauswirkungen auf Naturschutzgebiete geben zu können, wurde von der Kommission für Anlagensicherheit ein AK Natur gegründet. Die Ergebnisse des AK Natur zeigen, dass eine stoffspezifische Festlegung von angemessenen Sicherheitsabständen basierend auf der Wirkung von chemischen Stoffen auf Ökosysteme unmöglich erscheint. Es liegen nur vereinzelt Werte zur Auswirkung weniger Stoffe auf die Flora vor. Entsprechend dieser Werte kann gefolgert werden, dass die Flora mitunter wesentlich empfindlicher auf chemische Stoffe als der Mensch reagiert. Ob dies zu einer dauerhaften Schädigung führt ist allerdings nicht belastbar feststellbar.

Für die Betrachtungen in diesem Gutachten wurden dementsprechend die Grenzwerte des Leitfadens KAS-18, welche die Beeinträchtigung einer großen Anzahl von Menschen berücksichtigen, verwendet. Das bezogen auf die Anlage am nächsten liegende Naturschutzgebiet ist „Am Bagno – Buchenberg“ (ST-094) in einer Entfernung von mehr als 1,5 km in südlicher Richtung.



6. Freisetzungsszenarien

Zur Bestimmung der Gefahren wurde die Freisetzung von Biogas unterstellt. Infolge dieser Freisetzung wurden dann die resultierenden Gefahren durch Brand- bzw. Explosionsereignisse sowie der Ausbreitung des im Biogas enthaltenen Schwefelwasserstoff (H_2S) ermittelt.

Dabei wurden die nachfolgenden Szenarien erarbeitet:

1) Zünddistanz:

Aus einem Riss in der Gasspeicherfolie tritt Biogas aus. Es bildet sich bei der anschließenden Neutralgasausbreitung eine zündfähige Wolke aus Biogas und Umgebungsluft aus. Die maximale Ausdehnung der Gaswolke - bezogen auf die untere Explosionsgrenze - wurde ermittelt.

2) Gaswolkenexplosion:

Beim Ausströmen des Biogases bildet sich zeitweilig eine zündfähige Wolke aus Biogas und Umgebungsluft. Die Wolke wird gezündet und die sich ergebenden Explosionsüberdrücke in der Umgebung wurden ermittelt.

3) Brand:

Es wurde angenommen, dass sich das aus dem Riss ausströmende Biogas sofort entzündet, ohne vorher eine zündfähige Mischung mit der Umgebungsluft zu bilden. Die Wärmestrahlung dieses somit ausgebildeten Freistrahls auf die Umgebung wurde berechnet.

4) H_2S -Ausbreitung:

Aus einem Riss in der Gasspeicherfolie tritt Biogas mit einem Anteil von 150 ppm (bestehender Gasspeicher) bzw. 1.500 ppm (restliche Behälter) H_2S aus. Die Ausbreitung des toxischen Gases Schwefelwasserstoff wurde bewertet.

Grundsätzliche Annahmen:

- Fermenter 1 und 2 (Bestandsanlage):
Stahlbehälter ohne variables Gasspeicherdach
Leckagedruck: 44,5 mbar (Abblasedruck des Sicherheitsventils)
Austrittshöhe: Gasentnahmeleitung zwischen ca. 0,4 und 16,5 m [U1]
- Fermenter 3 (Bestandsanlage)
Stahlbehälter ohne variables Gasspeicherdach
Leckagedruck: 46 mbar (Abblasedruck des Sicherheitsventils)
Austrittshöhe: Gasentnahmeleitung zwischen ca. 3 und 16,5 m [U2]
- Gasspeicher:
variables Gasspeichervolumen: 1.499 m³
Austrittshöhe: 0 m (Befestigung an der Sohle)
Leckagedruck: 23 mbar (Abblasedruck des Sicherheitsventils)
Befestigung: Verschraubt



- Gärrestlager 3:
 - variables Gasspeichervolumen: 4.310 m³
 - Austrittshöhe: 9,87 m
 - Leckagedruck: 8 mbar (Abblasedruck des Sicherheitsventils)
 - Befestigung: Verschraubt

Das Biogas enthält zwischen 48 und 52 Vol.% Methan. Im Normalbetrieb liegt die Konzentration bei ca. 50,5 Vol.%. Konservativ wurde in den Berechnungen von einem Methananteil von 52 Vol. % ausgegangen.

Entsprechend der Vorgabe des KAS-32 wird bei einer Befestigung durch Verschraubung von Folien-Systemen eine Lochgröße von 0,6 m² angenommen.

Es wird von einem Austritt des Biogases, welches sich innerhalb des variablen Gasspeichervolumens befindet; ausgegangen. Realistisch ist davon auszugehen, dass sich der Überdruck in diesem Volumen in weniger als einer Sekunde abbaut und danach nur noch die Gewichtskraft der Biogasfolie sowie die Diffusion für einen Austritt von Biogas sorgen. Konservativ wird in diesem Gutachten trotzdem davon ausgegangen, dass das Biogas konstant mit dem in der unter den grundsätzlichen Annahmen dargestellten Druck austritt. Dieser Druck entspricht dem maximal möglichen Druck in den Gasspeichern, bevor die Sicherheitsventile ansprechen.

Bei den emaillierten Stahlbehältern wird entsprechend den Vorgaben des KAS-18 von einer Lochgröße von 490 mm² ausgegangen. Als Ausflussziffer wird ein Wert von 0,62 verwendet. Dies entspricht einem scharfkantigen Leck.

Die Lagerbehälter im Norden sind mit einer schwimmenden, gasdichten Folie ohne Speicherfunktion ausgestattet. Alle paar Minuten wird ein Unterdruck hergestellt, bis ein leichtes Vakuum anliegt. Eine Auswirkung resultierend aus einem Gasaustritt bezüglich der angrenzenden schutzbedürftigen Gebiete kann somit ausgeschlossen werden und wird nicht weiter betrachtet.

Die Ausbreitungsberechnungen wurden mit dem Programm EFFECTS der niederländischen TNO, Version 11.0.7 sowie ProNuSs 9.29.3 der ProNuSs Engineering GmbH durchgeführt.

Die numerischen Ergebnisse sind wegen der notwendigen Reproduzier- und Vergleichbarkeit exakt angegeben. Es ist zu beachten, dass es sich um grobe Näherungswerte handelt, die auf konservativen Annahmen beruhen.



7. Ausbreitung Methan

Bei diesem Ereignis wurde unterstellt, dass durch einen Riss in der Gasspeicherfolie am Übergang zur Behälterwand Biogas austritt. Das Gas breitet sich in der Atmosphäre aus und bildet abhängig von den atmosphärischen Bedingungen mit der Umgebungsluft ein explosionsfähiges Gemisch.

Die für die Berechnung des Austrittsmassenstroms gemäß ISO 4126-10 wesentlichen Parameter sind in der Tabelle 2 - Tabelle 5 zusammengefasst.

Im ersten Schritt wurden die Stoffdaten des freigesetzten Biogases abgeschätzt.

Tabelle 2 Parameter Biogas

Parameter	Wert	Einheit	Kommentar
Volumenanteil Methan im Biogas x_{CH_4}	0,52	-	
Volumenanteil Kohlenstoffdioxid im Biogas x_{CO_2}	0,48	-	
Gegendruck, absolut P_0	1,01325	bar _{absolut}	Atmosphärendruck
Temperatur T_{innen}	40	°C	Fermentationstemperatur
Molmasse Methan M_{CH_4}	16,04	$\frac{g}{mol}$	
Durchschnittliche Molmasse des Gasgemischs M_{Gem}	29,5	$\frac{g}{mol}$	berechnet
Isentropenexponent $\kappa = c_p/c_v$ des Gasgemischs	1,4	-	konservative Annahme

Im zweiten Schritt wurde dann der Austrittsmassenstrom, wie in den folgenden Tabellen dargestellt, berechnet. Tabelle 3 zeigt die Berechnung für eine Leckage aus den emaillierten Stahlbehältern, am Beispiel des Fermenters 3.

Tabelle 3 Massenstrom Methan Fermenter 3

Parameter	Berechnung	Wert	Einheit	Kommentar
Abblasedruck, absolut P_{ab}		1,05925	bar _{absolut}	46 mbar – maximaler Überdruck in dem Fermenter 3
Druckverhältnis	$\frac{P_0}{P_{ab}}$	0,957	-	
Durchfluss-koeffizient	$C = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{P_0}{P_{ab}} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_0}{P_{ab}} \right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right]}$	0,2035	-	aus AD-A2 oder ISO 4126-10
Ausflussziffer K_{dr}		0,62	-	aus KAS-32



Parameter	Berechnung	Wert	Einheit	Kommentar
Spezifisches Volumen v	$v = R \cdot \frac{T_{innen}}{M_{Gem} \cdot p_{ab}}$	0,834	$\frac{m^3}{kg}$	
Massenstromdichte	$\dot{m} = K_{dr} \cdot C \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{ab}}{v}}$	63,6	$\frac{kg}{s \cdot m^2}$	
Leckfläche A		490	mm^2	
Austrittsmassenstrom	$\dot{m}_{total} = \dot{m} \cdot A$	0,03	$\frac{kg}{s}$	
Massenstrom Methan	$\dot{m}_{CH_4} = \frac{\dot{m}_{total}}{M_{Gem}} \cdot x_{CH_4} \cdot M_{CH_4}$	0,001	$\frac{kg}{s}$	

Die Berechnung eines Methanaustritts aus dem nordwestlich gelegenen Gasspeichers ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Massenstrom Methan Gasspeicher

Parameter	Berechnung	Wert	Einheit	Kommentar
Abblasedruck, absolut P_{ab}		1,03625	bar _{absolut}	23 mbar – maximaler Überdruck in dem Gasspeicher
Druckverhältnis	$\frac{P_0}{P_{ab}}$	0,978	-	
Durchflusskoeffizient	$C = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{P_0}{P_{ab}} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_0}{P_{ab}} \right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right]}$	0,1472	-	aus AD-A2 oder ISO 4126-10
Ausflussziffer K_{dr}		1	-	aus KAS-32
Spezifisches Volumen v	$v = R \cdot \frac{T_{innen}}{M_{Gem} \cdot p_{ab}}$	0,853	$\frac{m^3}{kg}$	
Massenstromdichte	$\dot{m} = K_{dr} \cdot C \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{ab}}{v}}$	72,6	$\frac{kg}{s \cdot m^2}$	
Leckfläche A		0,6	m^2	
Austrittsmassenstrom	$\dot{m}_{total} = \dot{m} \cdot A$	43,54	$\frac{kg}{s}$	
Massenstrom Methan	$\dot{m}_{CH_4} = \frac{\dot{m}_{total}}{M_{Gem}} \cdot x_{CH_4} \cdot M_{CH_4}$	12,33	$\frac{kg}{s}$	

Die Berechnung eines Methanaustritts aus dem neu geplanten Gärrestlager 3 ist in Tabelle 5 dargestellt.



Tabelle 5 Massenstrom Methan Gärrestlager 3

Parameter	Berechnung	Wert	Einheit	Kommentar
Abblasedruck, absolut P_{ab}		1,02125	bar _{absolut}	8 mbar – maximaler Überdruck in dem Gasspeicher
Druckverhältnis	$\frac{P_0}{P_{ab}}$	0,992	-	
Durchfluss-koeffizient	$C = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{P_0}{P_{ab}} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_0}{P_{ab}} \right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right]}$	0,0881	-	aus AD-A2 oder ISO 4126-10
Ausflusssziffer K_{dr}		1	-	aus KAS-32
Spezifisches Volumen v	$v = R \cdot \frac{T_{innen}}{M_{Gem} \cdot p_{ab}}$	0,865	$\frac{m^3}{kg}$	
Massenstromdichte	$\dot{m} = K_{dr} \cdot C \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{ab}}{v}}$	42,8	$\frac{kg}{s \cdot m^2}$	
Leckfläche A		0,6	m ²	
Austrittsmassenstrom	$\dot{m}_{total} = \dot{m} \cdot A$	25,69	$\frac{kg}{s}$	
Massenstrom Methan	$\dot{m}_{CH_4} = \frac{\dot{m}_{total}}{M_{Gem}} \cdot x_{CH_4} \cdot M_{CH_4}$	7,27	$\frac{kg}{s}$	

Das variable Gasvolumen des Gasspeichers beträgt ca. 1.499 m³ und das des geplanten Gärrestlagers 1 ca. 4.310 m³. Bei einer Temperatur von 40°C und einem Druck von 103.625 Pa (bestehender Gasspeicher) hat Methan eine ungefähre Dichte von 0,639 kg/m³ und bei 102.125 Pa (geplantes Gärrestlager 3) 0,630 kg/m³ [R9]. Somit ergibt sich mit dem in Tabelle 2 dargestellten Volumenanteil eine Methanmasse von ungefähr 498 kg (bestehender Gasspeicher) und 1412 kg (Gärrestlager 3) Methan. Bei konstant angenommenem Massenstrom beträgt die Austrittsdauer ca. 40 s (bestehender Gasspeicher) und 194 s (Gärrestlager 3). Der Austritt wird, bedingt durch den abnehmenden Volumenstrom bei geringerem Druck, länger andauern.

Um sicher zu gehen, dass sich der quasi-stationäre Zustand ausbildet, wird in der weiteren Berechnung von einer kontinuierlichen Freisetzung ausgegangen. Die Auswirkungen sind somit unabhängig vom Gasvolumen gleich. Aus einem Behälter mit einem größeren variablen Gasvolumen würde zwar länger Gas ausströmen, da sich der quasi-stationäre Zustand aber bereits früher einstellt, führt ein längeres Ausströmen nicht zu einer Vergrößerung des explosionsfähigen Volumens.

Eine größere Austrittshöhe und daher höhere Windgeschwindigkeit (bedingt durch das angenommene logarithmische Windprofil) führt bei einem Austritt zu einer kleineren explosionsfähigen Wolke.



Dies hängt damit zusammen, dass sich das Gas bei höheren Windgeschwindigkeiten stärker mit Luft verwirbelt.

Entsprechend der Vorgabe des KAS-32 wird eine mittlere Wetterlage nach VDI Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion betrachtet. Die angenommene Windgeschwindigkeit beträgt 3 m/s.

Wie man den Tabellen entnehmen kann, sind die Methanmassenströme aus den Fermentern deutlich kleiner als die aus den Gasspeichern. Eine Berechnung mit EFFECTS zeigt, dass die untere Explosionsgrenze bereits nach 4 m unterschritten wird. Außerhalb des Bereichs ist das Gemisch zu mager, um gezündet zu werden. Eine potenzielle Gefährdung durch eine Zündung des Gemischs kann außerhalb des Nahbereichs ausgeschlossen werden.

Bei einer mittleren Ausbreitungssituation beträgt die Masse des Biogases, die sich in der Wolke zwischen unterer und oberer Explosionsgrenze befindet, ca. 157 kg (bestehender Gasspeicher) bzw. 47 kg (Gärrestlager 3). Die maximale Ausdehnung der explosionsfähigen Wolke des Biogasluftgemisches beträgt ca. 122 m (bestehender Gasspeicher) bzw. 57 m (Gärrestlager 3). Diese maximale Ausdehnung wird unter Annahme eines konstant maximalen Austritts erreicht.

In Tabelle 6 sind die Eingabedaten und Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung zusammengestellt.

Tabelle 6 Eingabedaten und Ergebnisse

Eingabedaten		
	Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager 3
Stoff	Methan	
Freisetzung	Kontinuierlich	
Austrittsrate [kg/s]	12,33	7,27
Freisetzungshöhe [m]	0	9,87
Umgebungstemperatur [°C]	20	
Stabilitätsklasse nach Pasquill	D (Neutral)	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]	3	
Beschreibung der Rauigkeitslänge	Büsche, verschiedene Hindernisse	
Ergebnisse		
Explosionsfähige Masse [kg]	157	47
Länge der explosionsfähigen Wolke [m]	122	57



8. Explosion

Die im vorherigen Kapitel dargestellten Gaswolken werden gezündet und die Druckwirkungen (Explosionsüberdruck) werden bewertet. Dabei wird unterstellt, dass das Explosionsereignis im Freifeld erfolgt (unverdämmt) und die Zündung durch eine Quelle mit niedriger Energie (z.B. durch einen Funken, Flamme, heiße Oberfläche, etc.) erfolgt.

In Tabelle 7 sind die entsprechenden Eingabedaten aufgeführt.

Tabelle 7 Eingabedaten (Explosion im Freien)

Eingabe	Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager 3
Stoff	Methan	
Gesamtmasse im explosionsfähigen Bereich [kg] Behältervolumen	157	47
Stärke der Explosion (1=sehr schwache Explosion, 10=Detonation)	3 (Schwache Explosion, unverdämmt)	
Entfernung Freisetzungspunkt und Mittelpunkt der explosionsfähigen Wolke [m]	61	29

In Abbildung 1 ist der mit dem Multi-Energy-Modell berechnete Druckverlauf in Abhängigkeit der Quellentfernung des Explosionsereignisses dargestellt.

Die Berechnung des Druckverlaufs (Tabelle 8) zeigt, dass bei dem gewählten Szenario bezüglich des Explosionsdrucks der relevante Grenzwert (100 mbar) für eine ernste Gefahr nicht überschritten wird. Hierbei wurden die Grenzwerte des KAS-18 herangezogen.

Der Grenzwert zum Bruch von 75 % der Fensterscheiben von 30 mbar wird bei einer mittleren Ausbreitungssituation bis zu einer Entfernung von 83 m (bestehender Gasspeicher) bzw. 43 m (Gärrestlager 3) überschritten. Bei einem Austritt aus den Fermentern ist die Druckwelle ausschließlich auf den Nahbereich beschränkt (< 4 m). Es kommt zu keinen Auswirkungen außerhalb des Betriebsgeländes.

Tabelle 8: Ergebnisse Explosionsdruck

Unterschrittener Grenzwert	Auswirkungen	Unterschritten in m Abstand vom Behälterrand	
		Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager 3
175 mbar	Untere Grenze Trommelfellriss	Wert wird nicht erreicht	
100 mbar (Grenzwert KAS-18)	Zerstörung gemauerten Wänden	Wert wird nicht erreicht	
30 mbar	Bruch von 75 % der Scheiben	83	43

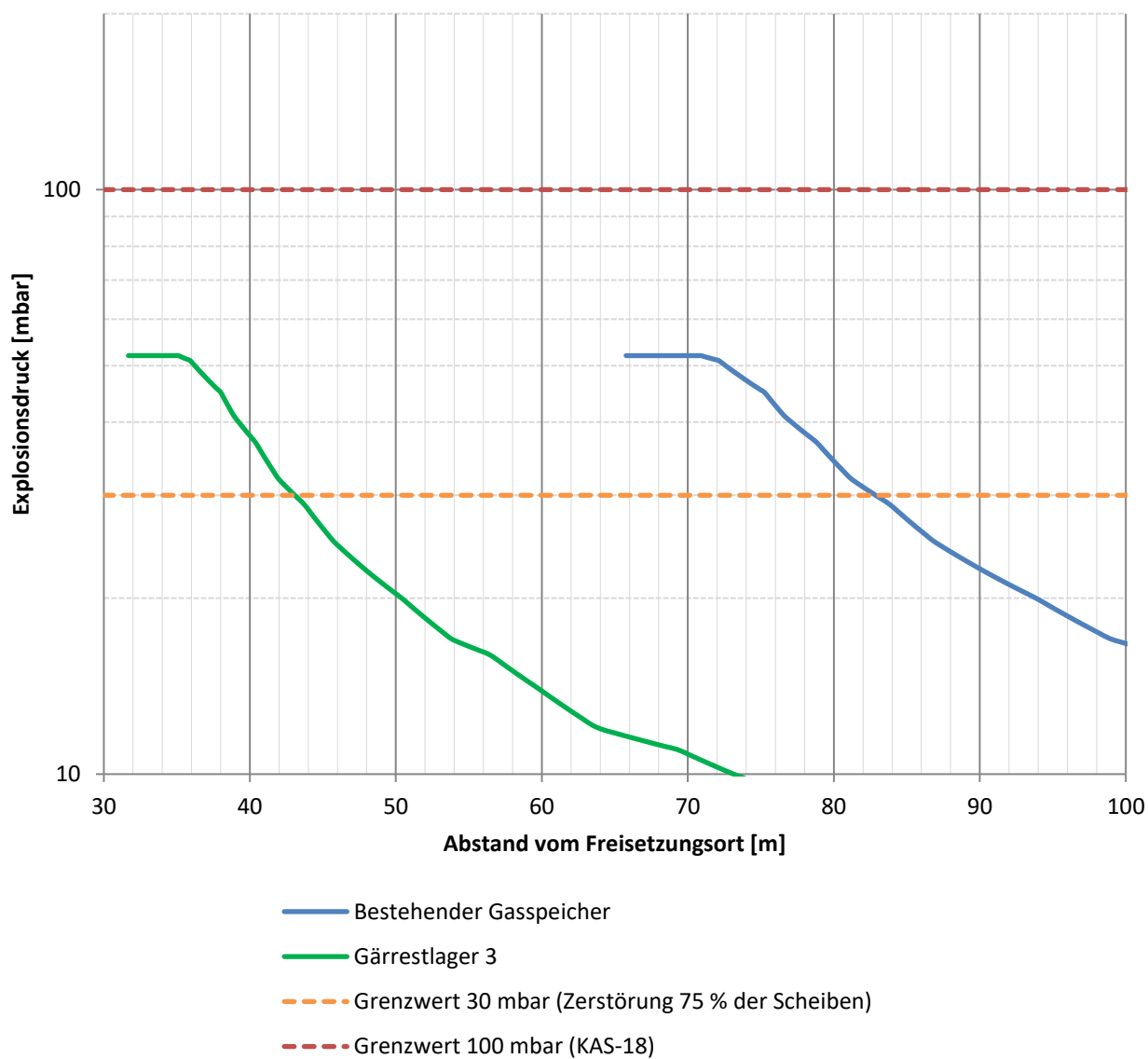


Abbildung 1 Explosionsdruck in Abhängigkeit von der Entfernung zum Freisetzungsort



9. Freistrah-Flamme

Die Untersuchung der Bestrahlungsstärke durch eine Freistrahflamme wird mit dem Programm Pro-NuSS Version 9 durchgeführt, da es die Möglichkeit bietet, das Johnson-Modell zu verwenden. Dieses wurde speziell für horizontal austretende Methan-Freistrahflammen entwickelt. Es wird wie schon bei dem Explosions-Szenario davon ausgegangen, dass sich das Biogas aus einem 0,6 m² großen Leck aus den Gasspeichern ausbreitet.

Dabei werden die in Tabelle 9 dargestellten Werte verwendet. Zudem wird angenommen, dass die Flamme rußlos verbrennt. Es wurden die Wärmestromdichten einer waagerechten Freistrahflamme untersucht. Hierbei handelt es sich um eine konservative Annahme, da ein größerer Winkel der Flamme den angemessenen Sicherheitsabstand reduzieren würde.

Tabelle 9 Eingabedaten der Freistrahflamme

Ort	Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager 3
Stoff	Methan	
Freisetzung	Kontinuierlich	
Massenstrom [kg/s]	12,33	7,27
Lochdurchmesser [mm]	874 (Äquivalent für eine Lochfläche von 0,6 m ²)	
Freisetzungshöhe [m]	0	9,87
Umgebungstemperatur [°C]	20	
Biogastemperatur [°C]	40	
Stabilitätsklasse nach Pasquill	D (Neutral)	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]	3	
Aufpunkthöhe [m]	2	

Tabelle 10 und Abbildung 2 zeigen das Ergebnis der Berechnung der Wärmestrahlung durch eine Freistrahflamme. Der im KAS-18 angegebene Grenzwert für tödliche Verbrennungen innerhalb von 40 Sekunden wird bei einem waagerechten Ausflusswinkel bis zu einer Entfernung von 58 m (Gasspeicher) bzw. 63 m (Gärrestlager 3) überschritten. Eine nachteilige Wirkung für den Menschen wurde bis zu einer Entfernung von 114 m (Gasspeicher) bzw. 80 m (Gärrestlager 3) ermittelt. Ein Vergleichsberechnung einer Leckage aus den Fermentern ergab, dass eine nachteilige Wirkung für den Menschen nur bis maximal 7 m um die Leckagestelle gegeben ist.

Wie man der Grafik im Anhang entnehmen kann, liegt eine Halle in nord-westlicher Richtung innerhalb des angemessenen Sicherheitsabstandes. Hierbei handelt es sich nicht um ein schutzbedürftiges Gebiet. In der Halle stehen zwei BHKW. Der südliche Teil der Halle wird zudem als Hobbywerkstatt genutzt. Die Halle liegt in einer Entfernung von ca. 85 m gemessen von dem bestehenden Gasspeicher. Die Strahlung beträgt ca. 3,4 kW/m².



Tabelle 10 Ergebnisse der Wärmestrahlung durch die Freistrahlf Flamme

Unterschrittener Grenzwert	Auswirkungen	Unterschritten in m Abstand vom Behälterrand	
		Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager 3
10,5 kW/m ²	Tödliche Verbrennungen in 40 s	58	63
3 kW/m ²	Schmerzgrenze nach 30 s	90	73
1,6 kW/m² (Grenzwert KAS-18)	Beginn der nachteiligen Wirkung auf Menschen	114	80

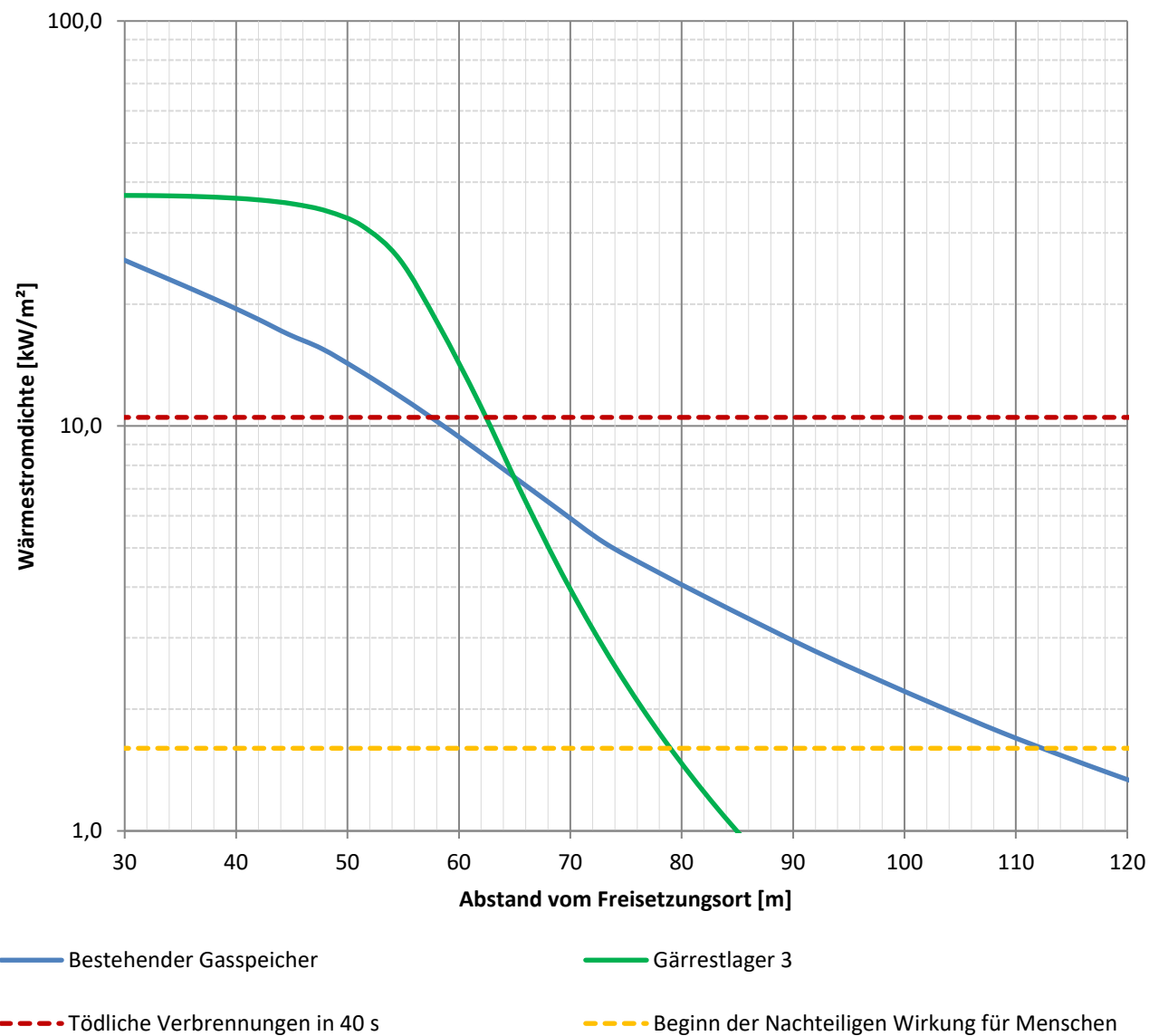


Abbildung 2 Wärmestrahlung in Abhängigkeit vom Freisetzungsort durch eine Freistrahlf Flamme



10. Ausbreitung Schwefelwasserstoff

Im Rahmen dieses Ereignisses wurde unterstellt, dass Biogas mit dem darin enthaltenen Schwefelwasserstoff aus einem Riss in der Gasspeicherfolie austritt und sich entsprechend den vorliegenden atmosphärischen Bedingungen ausbreitet. Entsprechend der Vorgabe des KAS-32 wird eine mittlere Wetterlage nach VDI Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion betrachtet. Die angenommene Windgeschwindigkeit beträgt 3 m/s.

Die Menge an Schwefelwasserstoff im Biogas hängt von dem Proteinanteil der Inputstoffe sowie der Behandlung im Fermenter ab. Tierische Inputstoffe haben hierbei einen höheren Proteinanteil als pflanzliche.

Die Einsatzstoffen bestehen aus NawaRos, sowie bis zu 1.000 t/a Rinder- und Schweinegülle. Der Gülleanteil inklusive Mist darf 100 t/d nicht überschreiten.

Im Zuge der Erweiterung der BGA ist auch eine Anpassung der Inputstoffe geplant. Somit muss auch mit einer Erhöhung der H_2S -Werte gerechnet werden. Momentan liegen die Konzentrationen von H_2S im Rohbiogas im Normalbetrieb zwischen 200 und 400 ppm. Kurzfristig können bei Substratwechsel oder bei Störungen im Prozess auch Konzentrationen von bis zu 600 ppm erreicht werden. Eine „Schwester“-Anlage wird dauerhaft mit mehr Hühnertrockenkot betrieben. Dort liegt der H_2S -Anteil im Rohbiogas bei ca. 600 ppm. Konservativ wird in diesem Gutachten ein Wert von 1.500 ppm verwendet.

Bevor das Biogas in dem bestehenden Gasspeicher gelagert wird, wird es in einem Gaswäscher entschwefelt. Anschließend beträgt die H_2S Konzentration zwischen 60 und 80 ppm. Konservativ wird in der Berechnung ein Wert von 150 ppm angenommen.

In der Tabelle 11 sind die Stoffdaten des freigesetzten Biogases dargestellt.

Tabelle 11 Parameter Biogas

Parameter	Wert	Einheit	Kommentar
Temperatur	40	°C	Fermentationstemperatur
Molmasse Schwefelwasserstoff	34	$\frac{g}{mol}$	
Durchschnittliche Molmasse des Gasgemischs M_{Gem}	29,5	$\frac{g}{mol}$	berechnet
$\kappa = c_p / c_v$ des Gasgemischs	1,4	-	konservative Annahme

Mit Hilfe der in der Tabelle 11, sowie den in Kapitel 7 dargestellten Parametern und Berechnungen lassen sich nun die in der Tabelle 12 bis Tabelle 14 dargestellten Austrittsmassenströme berechnen.



Tabelle 12 Massenstrom Schwefelwasserstoff – Fermenter 3

Parameter	Berechnung	Wert	Einheit
Anteil Schwefelwasserstoff im Biogas x_{H_2S}		1.500	ppm
Austrittsmassenstrom Biogas aus dem Fermenter 3	$\dot{m}_{total} = \dot{m} \cdot A$	26,95	$\frac{kg}{s}$
Massenstrom Schwefelwasserstoff aus dem Fermenter 3	$\dot{m}_{H_2S} = \frac{\dot{m}_{total}}{M_{Gem}} \cdot x_{H_2S} \cdot M_{H_2S}$	0,054	$\frac{g}{s}$

Tabelle 13 Massenstrom Schwefelwasserstoff – bestehender Gasspeicher

Parameter	Berechnung	Wert	Einheit
Anteil Schwefelwasserstoff im Biogas x_{H_2S}		150	ppm
Austrittsmassenstrom Biogas aus dem Gasspeicher	$\dot{m}_{total} = \dot{m} \cdot A$	43,54	$\frac{kg}{s}$
Massenstrom Schwefelwasserstoff aus dem Gasspeicher	$\dot{m}_{H_2S} = \frac{\dot{m}_{total}}{M_{Gem}} \cdot x_{H_2S} \cdot M_{H_2S}$	7,5	$\frac{g}{s}$

Tabelle 14 Massenstrom Schwefelwasserstoff - Gärrestlager 3

Parameter	Berechnung	Wert	Einheit
Anteil Schwefelwasserstoff im Biogas x_{H_2S}		1.500	ppm
Austrittsmassenstrom Biogas aus dem Gärrestlager 3	$\dot{m}_{total} = \dot{m} \cdot A$	25,69	$\frac{kg}{s}$
Massenstrom Schwefelwasserstoff aus dem Gärrestlager 3	$\dot{m}_{H_2S} = \frac{\dot{m}_{total}}{M_{Gem}} \cdot x_{H_2S} \cdot M_{H_2S}$	44,59	$\frac{g}{s}$

Tabelle 15 zeigt die weiteren Eingabeparameter, die für eine Berechnung in EFFECTS notwendig sind. Wie man in der Tabelle 12 sehen kann, ist der Schwefelwasserstoffmassenstrom aus den Fermentern vernachlässigbar klein. Eine Gefahr außerhalb des Betriebsbereichs kann ausgeschlossen werden.

Um sicher zu gehen, dass sich der quasi-stationäre Zustand ausbildet, wird von einer kontinuierlichen Freisetzung ausgegangen.

Tabelle 15 Eingabedaten H₂S-Ausbreitung gemäß KAS-32

	Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager
Stoff	Schwefelwasserstoff	
Freisetzungsart	Kontinuierlich	



	Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager
Massenaustrittsrate [g/s]	7,5	44,59
Freisetzungshöhe [m]	0	9,87
Umgebungstemperatur [°C]	20	
Stabilitätsklasse nach Pasquill	D (Neutral)	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]	3	
Beschreibung der Rauigkeitslänge	Büsche, verschiedene Hindernisse	
Aufpunkthöhe [m]	2	

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung von Schwefelwasserstoff bei einem Austritt aus den Gasspeichern. Als Betrachtungsgrundlage des angemessenen Sicherheitsabstandes dient laut KAS-32 der ERPG-2-Wert von 30 ppm.

Der ERPG-2-Wert ist die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden, bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Wie Abbildung 3 und Tabelle 16 zeigen, wird der ERPG-2 Wert ab einer Entfernung von ca. 48 m (bestehender Gasspeicher) unterschritten. Beim Gärrestlager 3 wird der Wert aufgrund der größeren Freisetzungshöhe nicht erreicht.

Tabelle 16 Ergebnisse Schwefelwasserstoffausbreitung

Unterschrittener Grenzwert	Grenzwert	Unterschritten in m Abstand vom Behälterrand	
		Bestehender Gasspeicher	Gärrestlager 3
30 ppm	ERPG*-2 Wert	48	Wert wird nicht erreicht

*ERPG = Emergency Response Planning Guidelines

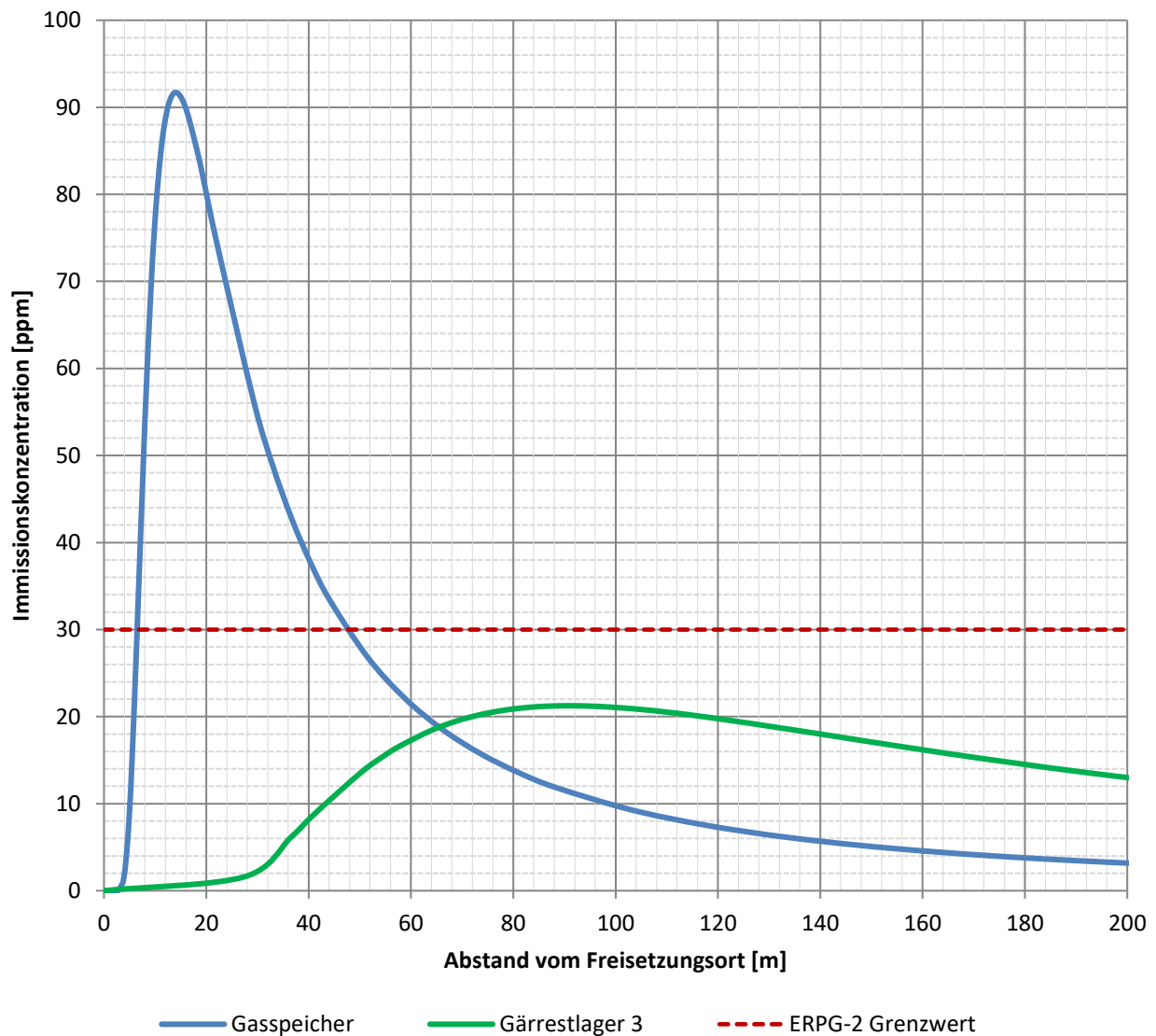


Abbildung 3 H₂S-Konzentration in Abhängigkeit der Quellentfernung (in 2 m Höhe)



11. Abschlussformel

Abschließend weisen die Sachverständigen darauf hin, dass die im vorliegenden Sachverständigen-gutachten getroffenen Aussagen eigenständig, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung nach bes-tem Wissen und Gewissen vorgenommen worden sind.

Quickborn, den 09. Juni 2020

Britt Michelsen

Sachverständige nach § 29b BImSchG

Jörg Brieden

Sachverständiger nach § 29b BImSchG



12. Anhang

Anhang 1

Angemessener Sicherheitsabstand resultierend aus der Freistrahlf-Flamme
(für das Szenario Brand)

