MÜLLER-BBM

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Stuttgart
Carl-Zeiss-Str. 25
72770 Reutlingen

Telefon +49(7121)90921 0
Telefax +49(7121)90921 11

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Lehmann
Telefon +49(7121)90921 30
Steffen.Lehmann@mbbm.com

19. Mai 2022
M156008/01 Version 1 LMN/GTD

MM Gernsbach GmbH

Prüfung des Sicherheitskonzeptes der Erweiterung der Abwasserreinigungs-anlage (Anaerobanlage) bezüglich sicherheitstechnischer Aspekte

Bericht Nr. M156008/01

Auftragsnummer:	Bestellunng 2002875
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. (FH) Steffen Lehmann
Berichtsumfang:	Insgesamt 66 Seiten, davon 37 Seiten Textteil, 29 Seiten Anhang I

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX : 19. 05. 2022

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Stuttgart
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung		**3**
1	**Situation und Aufgabenstellung**	**4**
2	**Beteiligte Personen**	**4**
3	**Grundlagen**	**5**
3.1	Zur Verfügung stehende Unterlagen / Informationen	5
3.2	Literaturquellen	6
4	**Anlagendaten**	**7**
5	**Prüfung des Sicherheitskonzeptes der Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage (Anaerobanlage)**	**8**
5.1	Vorgehensweise	8
5.2	Bewertung der Gefahrenanalyse	8
5.3	Bewertung der Auswirkungen im Umfeld	11
5.4	Sicherheitstechnische Bewertung	30
6	**Auflagenvorschläge**	**36**
Anhang I Protokolle Ausbreitungsberechnungen ProNuSs		**37**

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Zusammenfassung

Das vorgelegte Sicherheitskonzept der Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage [1] der MM Gernsbach GmbH wurde bezüglich der enthaltenen Gefahrenanalyse und sicherheitstechnischer Aspekte auf ausreichende und richtige Darstellung der entsprechenden Anforderungen geprüft. Darüber hinaus erfolgt die Prüfung der Plausibilität der dargestellten und in Bezug genommenen Aussagen zu gefahrenrelevanten Auswirkungen im Umfeld der Anaerobanlage.

Geprüft wurde insbesondere die Darstellung zur Umsetzung der Anforderungen aus der LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen [17].

Entsprechend der Darstellung in den vorgelegten Unterlagen wurden zur vollständigen Erfüllung der zu stellenden sicherheitstechnischen Anforderungen ergänzende Zielvorgaben (kursive Textpassagen) aufgenommen.

Bezogen auf die Gefährdungsanalyse sind aufbauend auf dem bisher dargestellten Bewertungsumfang die im Abschnitt 5.2 dargestellten Zielvorgaben bei Detailplanung, Errichtung und Betrieb der Anlage zu berücksichtigen. Nach Erstellung der Detailplanung wird diese dem Wunsch des Betreibers entsprechend hinsichtlich der Berücksichtigung aller Zielvorgaben gutachterlich geprüft.

Für die Betrachtung der Gefährdungen im Umfeld der geplanten Anlage, ist bei Anlegen der Bewertungsmaßstäbe für eine Störfallanlage (die hier zu beurteilende Anlage fällt nicht unter die Regelungen der Störfallverordnung) die geringfügige Überschreitung der Beurteilungswerte für die Wärmestrahlung und den Explosionsdruck in einem kurzen Bereich der unmittelbar an das Firmengrundstück angrenzenden Straße (Obertsroter Str., K3700) für eine Gefährdung relevant. Nach Auswertung relevanter Informationen ist diese Straße nicht als Schutzobjekt einzustufen.

Das auslegungsgemäße Ansprechen der Sicherheitseinrichtung Notgasfackel kann nicht zu einem Störfall führen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei vollständiger Umsetzung der im Sicherheitskonzept [1] dargestellten geplanten sicherheitstechnischen Aspekte und der in diesem Bericht dargestellten Zielvorgaben, die Anforderungen zur Sicherheitstechnik an eine Biogasanlage erfüllt werden und damit die Voraussetzungen für den sicheren Betrieb der Anlage geschaffen sind. Darüber hinaus wird für die Anlagenausführung auf die Umsetzung der Anforderungen aus der LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen [17] verwiesen (vgl. Ausführungen im Abschnitt 5.4).

Die tatsächliche Umsetzung der Anforderungen ist nach Abschluss der Anlagenerweiterung durch einen Sachverständigen zu überprüfen.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

1 Situation und Aufgabenstellung

Die MM Gernsbach GmbH, Obertsroter Str. 9, 79593 Gernsbach betreibt eine Anlage zur Herstellung von gestrichenen Faltschachtelkarton mit einer genehmigten Produktionsleistung von 1.200 t/d. Als wesentliche Nebenanlage wird am Betriebsstandort eine biologische Abwasserreinigungsanlage (ARA) betrieben, in der das Produktionsabwasser des Werks behandelt wird. Die MM Gernsbach GmbH plant die Anlage zu ändern und im Zuge dieses Vorhabens auch die Erweiterung der Abwasserbehandlungsanlage um eine anaerobe Stufe.

Die geplante Änderung/Erweiterung der Anlage stellt eine wesentliche Änderung des Betriebs der Anlage gemäß § 16 BImSchG dar. Hierzu wurde als Bestandteil der Antragsunterlagen im angestrebten immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren ein Sicherheitskonzept der Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage erarbeitet. Die vorliegende sicherheitsrelevante Dokumentation zum anaeroben Teil der Abwasserbehandlungsanlage soll nun auf Wunsch der genehmigenden Behörde durch einen Sachverständigen i. S. v. § 29a BImSchG [15] geprüft werden. Darüber hinaus sollen die Gefährdungen durch Freisetzungsszenarien von Biogas an relevanten Anlagenteilen der anaeroben Stufe der Abwasserbehandlungsanlage ermittelt bzw. bewertet werden.

Im Rahmen dieser Prüfung ist zu bewerten, ob das vorliegende Sicherheitskonzept die sicherheitstechnischen Aspekte einer Anaerobanlage (Biogasanlage) ausreichend berücksichtigt.

2 Beteiligte Personen

Die Prüfung wurde von Herrn Dipl.-Ing. (FH) Steffen Lehmann durchgeführt und in Form des vorliegenden Berichtes dokumentiert. Herr M. Eng. Gerwin Gold hat den Bericht im Rahmen der Müller-BBM internen Qualitätssicherung geprüft.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

3 Grundlagen

3.1 Zur Verfügung stehende Unterlagen / Informationen

Für die Prüfung stehen folgende Unterlagen zur Verfügung:

[1] Sicherheitskonzept der ARA Auszug Antragsunterlagen „2.5.6 Sicherheitskonzept der geplanten Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage“ der Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, E-Mail vom 24.03.2022

[2] Entwurfsfassung Genehmigungsantrag nach § 16 BImSchG zur wesentlichen Änderung der Anlage zur Herstellung von Karton und Nebenanlagen Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, MConsult, Stand 09.02.2022

[3] Übersicht Gefahren Anaerobanlage der Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, E-Mail vom 03.03.2014,

[4] Werklageplan Änderungsmaßnahmen ARA (Anaerobstufe und Biogasbehandlung) Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Zn.Nr. U02WA.1307.1287-01 Index A, MConsult, Stand 12.04.2021

[5] Layout Ex-Zonen Draufsicht Erweiterung Anaerobie Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Zn.Nr. U02WA.1307.1287-02 Index I, MConsult, Stand 22.03.2022

[6] Layout Ex-Zonen Schnitt A-A Erweiterung Anaerobie Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Zn.Nr. U02WA.1307.1287-03 Index H, MConsult, Stand 10.02.2022

[7] Lageplan (Umgebungsplan) mit Darstellung der kritischen Nachbarn, Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, E-Mail vom 03.03.2014,

[8] R&I Fließschema ARA Erweiterung Anaerobie Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Zn.Nr. U01WA.1307.1287-01 Index G, MConsult, Stand 21.02.2022

[9] Ermittlung H_2S u. SO_2 Frachten Biogas für Si-Konzept (Konzeptstudie ARA) Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, MConsult, Stand 07.08.2020

[10] Übersicht Kennzahlen Biogas Anaerobanlage der Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, Mayr-Melnhof Gernsbach GmbH, E-Mail vom 18.03.2022

[11] Werksprüfzeugnisse Gasballon-Techkom (von Referenzanlage die geplantem Gasspeicher entspricht), Stand 08.11.2010 / 09.01.2012, TÜV Süd Industrie Service GmbH / TECHKON Gummitechnik GmbH

[12] Datenblatt Gasballon-Techkon (von Referenzanlage die geplantem Gasspeicher entspricht), Stand 14.03.1996, TECHKON Gummitechnik GmbH

[13] Bestätigung Stoffbeständigkeit für Methan (CH_4), Schwefelwasserstoff (H_2S) und Kohlendioxid (CO_2) sowie der Temperaturbeständigkeit Gasballon-Techkon (von Referenzanlage die geplantem Gasspeicher entspricht), Stand 29.09.2011 / 03.02.2012, Polymer Technik Ortrand GmbH

[14] Statische und Auslegungsberechnung spiralgefalzter Stahlbehälter als Gasspeicher mit Edelstahlmembrandach und Bodenplatte (von Referenzanlage die geringfügig größer dimensioniert dem geplantem Gasspeicher entspricht), Stand 01.11.2011, Ingenieurbüro für Tragwerksplanung Dipl.-Ing. (TH) E. Jung

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

3.2 Literaturquellen

Für die Prüfung wurden insbesondere die nachfolgend aufgeführten Literaturquellen verwendet:

[15] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), Stand 24.09.2021

[16] 12. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV), vom 15. März 2017 (BGBl. I S. 483), Stand 19.06.2020

[17] LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen, insbesondere für Prüfungen nach § 29a BImSchG, Stand 08.02.2013, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, Ausschuss Anlagenbezogener Immissionsschutz / Störfallvorsorge (AISV)

[18] LAI Leitfaden für die Erstellung eines Gutachtens zur Ermittlung des angemessenen Sicherheitsabstandes, Stand Juni 2018, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, Ausschuss Anlagenbezogener Immissionsschutz / Störfallvorsorge (AISV)

[19] Leitfaden „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung § 50 BImSchG“, Kommission für Anlagensicherheit (KAS-18), Stand Nov. 2010.

[20] Arbeitshilfe „Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18“, Kommission für Anlagensicherheit (KAS-32), 2. überarbeitete Fassung, Stand November 2015.

[21] Richtlinie 96/82/EG (Seveso II) Fragen und Antworten, Vereinbarung zwischen der Europäischen Kommission und den Mitgliedsstaaten zur Auslegung der Richtlinie, Fassung Februar 2006

[22] VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1: Umweltmeteorologie – Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen – Blatt 2: Umweltmeteorologie – Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase – Sicherheitsanalyse

[23] Current ERPG® Values (2020) aus dem ERPG/WEEL Handbook der AIHA Guideline Foundation (Zusammenstellung von ERPG-Werten)

[24] Compiled AEGL-Values, Final AEGLs, Stand: 27.07.2018

[25] Table 4: Protective Action Criteria (PAC) Rev. 29a based on applicable 60-minute AEGLs, ERPGs, or TEELs. Stand: Juni 2018

[26] Statuspapier „Quelltermberechnung bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie – Methodenübersicht und industrielle Anwendung“, DECHEMA, Dritte Auflage, Januar 2017

[27] Software ProNuSs® 9, Version 9.37.1

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

4 Anlagendaten

In der folgenden Auflistung sind die wesentlichen Anlagendaten der Abwasserreinigungsanlage (ARA) zusammengefasst dargestellt (Bestand und Änderung).

Anlagenbetreiber	MM Gernsbach GmbH Obertsroter Str. 9 79593 Gernsbach
Anlagenstandort	Gernsbach-Obertsrot Gernsbach, Flst. 1729
Zuständige Behörde	Regierungspräsidium Karlsruhe
Wesentliche Anlagenteile ARA (Aerobstufe, übergeordnet)	Kombibecken und Durchlaufbehälter Abwasser Zulaufkühlung Schwebebettreaktor MBBR (Betrieb übergangsweise) Biofilter zur Abluftbehandlung Denitrifikationsstufe Belebungsbecken (Kaskade 1 – Hochlaststufe) Belebungsbecken (Kaskade 2 - Schwachlaststufe) Nachklärbecken Abwasserkühlung Schlammentwässerung (Zentrifuge) Abwasserpumpen in den bestehenden Durchlaufbehältern, Abwasserleitungen zur Anaerobstufe und von der Anaerobstufe zur aeroben Stufe Lagerung und Dosierung von Hilfsstoffen Ablaufmessrinne
Wesentliche Anlagenteile Änderung ARA (Anaerobstufe)	Hydrolyse- bzw. Puffertank Anaerobreaktor mit Standrohr Biogassystem (Entschwefelung, Gasspeicher, Gastrocknung, Gaskompressor, Notgasfackel)

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

5 Prüfung des Sicherheitskonzeptes der Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage (Anaerobanlage)

5.1 Vorgehensweise

Als Grundlage für die Überprüfung der Gefahrenanalyse und der sicherheitstechnischen Anforderungen der bzw. an die Anaerobanlage der MM Gernsbach GmbH wird die LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen, insbesondere für Prüfungen nach § 29a BImSchG des Ausschuss Anlagenbezogener Immissionsschutz / Störfallvorsorge (AISV) [17] verwendet. Die Prüfung erfolgt auf Basis der grundsätzlichen Aussagen im vom Anlagenbetreiber zur Verfügung gestellten Sicherheitskonzept [1] mit Stand vom 24.03.2022 i. V. m. mit den technischen Ausführungen im vorliegenden Entwurf zum Genehmigungsantrag [2] und den technischen Informationen zur Ausführung wesentlicher gasführender Anlagenteile und -komponenten ([11] [12] [13] [14]) bzw. vorgelegter Informationen zu Referenzanlagen.

Darüber hinaus erfolgt die Prüfung der Plausibilität der im Sicherheitskonzept [1] dargestellten Aussagen zu gefahrenrelevanten Auswirkungen im Umfeld der Anaerobanlage.

Über die im Rahmen der vorgenannten Prüfung hinausgehenden Aspekte zum regelkonformen Anlagenbetrieb, insbesondere zum Explosionsschutz, Brandschutz, Gefahrstoffeinsatz und zur Arbeitssicherheit, erfolgen ggf. Beschreibungen in den bis zur Inbetriebnahme der Anlagenerweiterung zu erstellenden Unterlagen (Betriebsdokumentation/Betriebshandbuch, Brandschutzkonzept, Unterlagen des Sicherheitsmanagements und Explosionsschutzdokument).

Die Ergebnisse der Prüfung werden in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt.

5.2 Bewertung der Gefahrenanalyse

Bewertungen, die nicht aus den zur Prüfung vom Betreiber vorgelegten Unterlagen [1], [2] und [3] hervorgehen, werden in der nachfolgenden Tabelle 1 *kursiv dargestellt* und stellen somit Zielvorgaben dar.

Die Zielvorgaben (*kursive Textpassagen*) sind für eine vollständige Analyse zu berücksichtigen und im Rahmen der Detailplanung und Errichtung der Anaerobanlage zu beachten. Die der Detailplanung zugrunde zulegende Gefahrenanalyse wird gemeinsam mit dieser Planung gutachterlich hinsichtlich der hier dargestellten Zielvorgaben geprüft.

Tabelle 1. Schwerpunkte der Gefahrenanalyse.

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Anhang 1) [17]	**Schwerpunkte einer systematischen Gefahrenanalyse Darstellung im Sicherheitskonzept [1]**
Beschreibung der Gefahrenquellen	
betriebliche Gefahrenquellen	In der Übersicht Gefahren Anaerobanlage [3] werden bezogen auf die einzelnen Anlagenteile/-komponenten der Schadensfall und daraus resultierende Gefahren dargestellt. Betrachtet wurde hierbei der Gas- und Abwasserpfad.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Anhang 1) [17]	Schwerpunkte einer systematischen Gefahrenanalyse Darstellung im Sicherheitskonzept [1]
	Wesentliche Gefahren wurden daraus abgeleitet und im Sicherheitskonzept [1] mit den Maßnahmen zu ihrer Minderung beschrieben. Diese Auswahl und Bewertung im Sicherheitskonzept [1] erfüllt damit grundsätzlich die Anforderungen. Zur weiteren Vertiefung der Analyse ist eine verfahrenstechnische Sicherheitsanalyse nach HAZOP vorgesehen. Die im Abschnitt „Systematische Untersuchung und Maßnahmen zur Minderung der Gefahren“ dargestellten grundsätzlichen, konzeptionellen Maßnahmen sind geeignet Gefährdungen auszuschließen bzw. deren Auswirkungen zu minimieren. In dieser weitgehend konzeptionellen Darstellung von Maßnahmen zur Beherrschung der identifizierten Gefahren wird hinsichtlich deren, insbesondere technischen, Konkretisierung auf die Detailplanung unter Beachtung des anerkannten technischen Niveaus für derartige Anlagen verwiesen. Auch mit Bezug auf die Beschreibung technischen Anlagenkomponenten der ARA, insbesondere zu MSR Einrichtungen, im Genehmigungsantrag [2] i. V. m. dem vorgelegten R&I Fließschema [8] kann erwartet werden, dass die errichtete Anlage die Anforderungen erfüllt. *Die tatsächliche anforderungsgerechte Umsetzung dieser Maßnahmen ist vor Inbetriebnahme Anlage durch entsprechende Nachweise zu belegen und im Rahmen einer Inbetriebnahmeprüfung durch einen Sachverständigen i. S. § 29a BImSchG zu überprüfen.*
umgebungsbedingte Gefahrenquellen	Im Sicherheitskonzept [1] werden naturbedingte Gefährdungen durch Erdbeben, Blitzeinschlag sowie Gewitter genannt. Welches Risiko diese für den sicheren Betrieb der Anlage darstellen wurde bewertet und im Grundsatz ausgeführt. Die vom Betreiber mit E-Mail vom 24.03.2022 übermittelten Aussagen zu den Zielvorgaben des Gutachtens zur Konzeptprüfung 2014 (MBBM Bericht M114138/01 vom 14.04.2014) ergänzen bzw. konkretisieren die Aussagen des Sicherheitskonzeptes [1] zu den umgesetzten und vorgesehenen Schutzmaßnahmen. Es werden hierzu auch konzeptionelle zusammenfassende Aussagen hinsichtlich der Vermeidung bzw. Minderung deren Auswirkung auf die Anaerobanlage dargestellt. Diese beinhalten unter anderem auch die geplante Bewertung der Gefährdung durch Blitzeinschlag nach DIN 62305 sowie die darauf basierende Umsetzung in der Planung und Bauausführung. *Die Umsetzung muss in der erforderlichen Weise erfolgen und die entsprechenden Nachweise sind zu führen (vgl. oben).*

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Anhang 1) [17]	Schwerpunkte einer systematischen Gefahrenanalyse Darstellung im Sicherheitskonzept [1]
	Gefährdungen durch Starkregen werden auf Grund der baulichen und standortspezifischen Gegebenheiten ausgeschlossen. Diese Annahme ist bezogen auf die diesbezüglichen Darstellungen bzw. Informationen des Betreibers und die durchgeführte Inaugenscheinnahme plausibel. Für die Gefahrenquellen nach TRAS 310 (Wind, Schnee- und Eislasten) wurden mit Ausnahme der grundsätzlichen Aussagen, dass diese bei den Statischen Berechnungen, der Auswahl der Materialien und Komponentenherstellung berücksichtigt werden (ausschließlich in der o. g. ergänzenden Information des Betreibers), keine Bewertungen dargelegt. Relevant sind für den Standort Gernsbach die Schneelastzone 2 mit der Schneelast s_k = 0,85 kN/m² und die Windzone 1 mit dem Basisgeschwindigkeitsdruck q_b = 0,32 kN/m² *Die sicherheitstechnischen Regeln der Kommission für Anlagensicherheit TRAS 310 „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser“ und TRAS 320 „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Wind sowie Schnee- und Eislasten“ sind zu beachten. Die entsprechend notwendigen Auslegung der Anlagenkomponenten ist nachzuweisen (Betriebsdokumentation).* Gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Erdbebenzonenkarte [1] gehört die Ortsmitte von Gernsbach (PLZ: 76593, Koord. 48.76°N, 8.33°E) in Baden-Württemberg zur Erdbebenzone 1 sowie zur Untergrundklasse R. *Diesbezüglich ist die im Konzept [1] zur Bauausführung und baustatischen Berechnung gemachte Aussage umzusetzen und entsprechend nachzuweisen.* Keine Ausführungen werden im Konzept [1] zu benachbarten Verkehrsanlagen bzw. verkehrsbedingten Gefahren gemacht. In der o. g. ergänzenden Information des Betreibers wird eine verkehrsbedingte Gefährdung für die Anaerobanlage ausgeschlossen. *Die in der vorgelegten Betreiberinformation getroffene Feststellung zu einer verkehrsbedingten Gefährdung und die zugehörige Gefahrenquellenanalyse sollte dokumentiert werden.*
Eingriffe Unbefugter	Diese Gefahrenquelle wird im vorgelegten Konzept [1] nicht dargestellt. Die vom Betreiber mit E-Mail vom 24.03.2022 übermittelten Aussagen zu den Zielvorgaben des Gutachtens zur Konzeptprüfung 2014 (MBBM Bericht M114138/01 vom 14.04.2014) führen zu dieser Gefahrenquelle allge-

[1] Auskunft Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum (http://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage)

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Anhang 1) [17]	Schwerpunkte einer systematischen Gefahrenanalyse Darstellung im Sicherheitskonzept [1]
	meine grundlegende Schutzmaßnahmen die umgesetzt werden auf. *Entsprechend dem Leitfaden Maßnahmen gegen Eingriffe Unbefugter (KAS-51) der Kommission für Anlagensicherheit, sollte durch den Betreiber diese Gefahrenquelle im Rahmen der Gesamtanalyse Berücksichtigung finden. Hierbei ist bezogen auf die Anaerobanlage insbesondere zu prüfen in wie weit die verschiedenen Aspekte gemäß diesem Leitfaden zu berücksichtigen sind. Bei Vorliegen relevanter Gefährdungspotentiale durch Eingriffe Unbefugter sind notwendige Maßnahmen zu deren Verhinderung bzw. Minimierung in das Sicherheitskonzept [1] einzubeziehen und bei Planung und Betrieb der Anlage umzusetzen.*

Im Ergebnis der Prüfung lässt sich feststellen, dass im Rahmen des konzeptionell angedachten Vorgehens zur Planung, Detailplanung, Errichtung und Betrieb der Anaerobanlage wesentliche Gefährdungen berücksichtigt wurden und die geplanten Vorhaben zur Umsetzung darauf bezogener grundlegender Maßnahmen zur Minimierung dieser Gefahren im Sicherheitskonzept [1] beschrieben werden. Unter Berücksichtigung der in Tabelle 1 dargestellten Zielvorgaben ist eine vollständige systematische Gefahrenanalyse möglich, welche das Ableiten aller notwendigen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bzw. –minimierung beim Betrieb der Anaerobanlage ermöglicht.

5.3 Bewertung der Auswirkungen im Umfeld

Nachfolgend sollen die im Sicherheitskonzept [1] unter „Systematische Untersuchung und Maßnahmen zur Minderung der Gefahren“ zu den Gefahren

- Austreten von ungereinigtem und gereinigtem Biogas, Biogas ist toxisch
- Verbrennung von ungereinigtem Biogas. Inhaltsstoffe des Abgases können toxisch sein
- Biogas ist bei bestimmten Mengenverhältnissen im Gemisch mit Luft brennbar bzw. explosiv

dargestellten Ausführungen geprüft und quantitativ dargestellt werden.

Bezugnehmend auf die vorgenannten Gefahren werden in den nachfolgenden Abschnitten Störungen betrachtet.

Als betriebsbedingte Maßnahme zur Verhinderung einer möglichen Störung ist das Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen zu betrachten. Im Abschnitt 5.3.2 wird dazu das nachfolgende Ereignis betrachtet:

[1] Freisetzung von Schwefeldioxid bei Verbrennung von Biogas in der Notgasfackel bei Ausfall der Entschwefelung

Die Inbetriebnahme der Notgasfackel wird in Folge fehlender Biogasabnahme durch die Verbraucher (Kraftwerk) notwendig, beispielsweise bei einem Anstieg des

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Schwefelwasserstoff (H_2S) Anteils im Biogas nach dem Biogaswäscher wegen des Ausfalls der Entschwefelung.

Bei den Störungen Freisetzung von H_2S und Brand bzw. Explosion von Biogas handelt es sich um sogenannte Dennoch-Störungen, die aufgrund der vorgesehenen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen, vernünftigerweise ausgeschlossen sind.

Die in den Abschnitten nachfolgend beschriebenen Störungen beschreiben somit das sogenannte Restrisiko und sind formal unter Berücksichtigung der Störfallverordnung ausschließlich für die externe Alarm- und Katastrophenschutzplanung im Zusammenhang mit Störfallbetrieben[2] als Basis zu verwenden. In diesem Fall werden sie auch in Anlehnung an die für Störfallanlagen gültigen Kriterien zur Beurteilung deren Auswirkungen auf das Umfeld und hilfsweise für die Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne der §§ 3 Abs. 5c und 50 BImSchG herangezogen.

Die Ergebnisse der nachfolgenden Störungsbetrachtungen stellen unter Berücksichtigung der Störfallverordnung keinen genehmigungsrelevanten Aspekt dar.

Als Dennoch-Szenarien werden nachfolgende Ereignisse in den Abschnitten 5.3.3, 5.3.4, 5.3.6 und 5.3.7 dargestellt:

[2] Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus der Notgasfackel bei Ausfall der Entschwefelung

[3] Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus der Überdrucksicherung bei Ausfall der Entschwefelung und Notgasfackel

[4] Verpuffung durch Aufreißen des Gasspeicherballons und anschließender Zündung,

[5] Wärmestrahlung bei Brand (Verpuffung).

5.3.1 Grundlage der Bewertung

Ausbreitung von Schadstoffen

Zur Bewertung der in den Abschnitten 5.3.2, 5.3.3 und 5.3.4 beschriebenen Immissionskonzentrationen werden nachfolgende Beurteilungskriterien herangezogen.

Als angemessener Sicherheitsabstand im Sinne des § 3 Abs. 5c i. V. m. § 50 BImSchG [15] bzw. als Abstand zum ungefährdeten Betrieb bei auslegungsgemäßem Ansprechen einer Sicherheitseinrichtung (für das Ereignis gem. Abschnitt 5.3.2) bei Freisetzung von toxischen Stoffen ist in Anlehnung an den Leitfaden KAS-18 [19] der Abstand von der Emissionsquelle bis zur Unterschreitung des ERPG-2-Werts maßgebend. Der ERPG-2-Wert ist definiert als die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden können, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen

[2] bei der geplanten Anaerobanlage handelt es sich um keinen Betriebsbereich oder Teil eines Betriebsbereiches (Störfallanlage)

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.[3]

Darüber hinaus sind zur Beurteilung einer störungsbedingten Schadstofffreisetzung als Bewertungsmaßstab die sogenannten protective action criteria (PAC) heranzuziehen. Diese basieren gemäß Table 4: Protective Action Criteria (PAC) [25] auf den AEGL- (Acute Exposure Guideline Levels), ERPG- (Emergency Response Protection Guidelines) oder TEEL-Werten (Temporary Emergency Exposure Limits) für den Zeitraum von 60 Minuten.

Da für den KAS-18-Leitfaden [19] eine Anpassung erwartet wird, aber zurzeit nicht absehbar ist, wann und unter welchen Vorzeichen eine Überarbeitung erfolgt und wegen des gemäß des vorliegenden Positionspapiers zur TA Abstand künftig heranzuziehenden AEGL-2-Beurteilungswertes, wurden im vorliegenden Bericht zur zusätzlichen Information auch die konservativeren AEGL-2-Beurteilungswerte für SO_2 und H_2S zur Abstandsermittlung verwendet.

Die AEGL-Werte sind folgendermaßen definiert:

- AEGL-1: Schwelle zum spürbaren Unwohlsein
- AEGL-2: Schwelle zu schwerwiegenden lang andauernden oder fluchtbehindernden Wirkungen
- AEGL-3: Schwelle zur tödlichen Wirkung

Der PAC-2-Wert stellt den sogenannten Störfallbeurteilungswert dar. Bei Überschreitung des PAC-2-Wertes sind die Voraussetzungen für einen Störfall gegeben. Bei Unterschreitung des PAC-2-Wertes ist eine ernste Gefahr im Sinne der Störfallverordnung vernünftigerweise ausgeschlossen. Für die hier im Sinne des Leitfadens KAS-18 [19] zu bewertenden Störungen bzw. Ereignisse stellt entsprechend der ERPG-2-Wert den Beurteilungswert im vorgenannten Sinne dar.

Für die Ermittlung der angemessenen Sicherheitsabstände im Sinne des § 3 Abs. 5c i. V. m. § 50 BImSchG [15] bzw. des Abstands zum ungefährdeten Betrieb bei auslegungsgemäßem Ansprechen einer Sicherheitseinrichtung bei Freisetzung von toxischen Stoffen werden die Beurteilungswerte in Tabelle 2 herangezogen.

[3] Zusammenstellung und Interpretation der bisher bekannten lufthygienischen Grenz-, Richt-, Orientierungs- und Toxizitätswerte, SFK-GS-17 der Störfall-Kommission, 10. Oktober 1998

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Tabelle 2. Beurteilungswerte für Auswirkungen von Schadstoffkonzentrationen.

Stoff	**Beurteilungswerte** **ERPG-2-Wert[4]** **PAC-2-Wert[5]**	**Bemerkung**
Schwefeldioxid (SO_2)	3 ppm [23] / 8 mg/m³	Beurteilungswert (Konzentrationsleitwert) gemäß Leitfaden KAS-18 [19] und Arbeitshilfe KAS-32 [20]
	0,75 ppm [24] / 2 mg/m³ [25]	als AEGL-2-Wert[6] (Zusatzinformation)
Schwefelwasser-stoff (H_2S)	30 ppm [23] / 42,5 mg/m³	Beurteilungswert (Konzentrationsleitwert) gemäß Leitfaden KAS-18 [19] und Arbeitshilfe KAS-32 [20]
	27 ppm [24] / 38 mg/m³ [25]	als AEGL-2-Wert[6] (Zusatzinformation)

Die nachfolgend aufgeführten grundsätzliche Annahmen werden den Freisetzungs-szenarien in den Abschnitten 5.3.2, 5.3.3 und 5.3.4 zugrunde gelegt.

Schwefelwasserstoff (H_2S) ist der wesentliche akut toxische Stoff im Biogas. Nach Angaben des Betreibers können in der Anlage im Rohbiogas vor der Entschwefelung bzw. bei Ausfall der Entschwefelung im dann unbehandelten Biogas praktisch maximal 10.000 ppm H_2S enthalten sein.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass Biogas mit Ausnahme des H_2S-Anteiles keine weiteren akut toxischen Stoffe enthält. Die Hauptkomponenten des Biogases sind Methan (CH_4) mit ca. 75 Vol.- % sowie Kohlendioxid (CO_2) mit ca. 25 Vol.- %. Beide Stoffe sind gemäß Gefahrstoffverordnung nicht als akut toxisch einzustufen.

Darüber hinaus ist das bei der Verbrennung des schwefelhaltigen Biogases entstehende akut toxische Schwefeldioxid (SO_2) zu berücksichtigen.

Als Störungen angenommen werden Fehlfunktionen bis zum vollständigen Ausfall der Entschwefelung. Die Verbrennung nicht entschwefelten Biogases im Kraftwerk wird hier nicht weiter betrachtet, da entsprechend der im Sicherheitskonzept [1] dargestellten Maßnahmen bei Ausfall der Entschwefelung und Anstieg des H_2S-Anteils nach dem Biogaswäscher, dass Biogas über die Notgasfackel verbraucht wird. Hingegen werden entsprechend der im Sicherheitskonzept [1] dargestellten Maßnahmen bei „Ausfall der Biogasentschwefelung“ und für die H_2S-Freisetzung „Ausfall der Notgasfackel“ im Weiteren betriebsbedingte bzw. störungsbedingte Freisetzungen betrachtet.

Für diese Freisetzungen von Schadstoffen mit den nachfolgend dargestellten Berechnungsparametern wurden Ausbreitungsberechnungen gemäß VDI 3783 [22] durchgeführt. Bei der Berechnung wurden sowohl die mittlere als auch die ungünstigste Ausbreitungsbedingung berücksichtigt.

---

4 ERPG: Emergency Response Protection Guideline

5 PAC: Protective Action Criteria

6 AEGL: Acute Exposure Guideline Levels

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Konservativ werden folgende Berechnungsparameter angenommen:

- H_2S-Gehalt im Biogas = 10.000 ppm ≙ **14,35 g/m³**
- H_2S-Freisetzung entsprechend dem maximalen Durchsatz der Notgasfackel (Stufe 2)
  Durchsatz Fackel 350 m³/h × H_2S Gehalt 14,25 g/m³ / 3600 s/h = **1,385 g/s**
- SO_2-Freisetzung entsprechend dem maximalen Durchsatz der Notgasfackel (Stufe 2) bei einem H_2S-Gehalt von 10.000 ppm, (stöchiometrisch vollständige Umsetzung Schwefel)
  1,385 g/s_{H2S} / 34,1 g/mol_{H2S} → 0,0406 mol × 64,066 g/mol_{SO2} = **2,602 g/s**
- Austrittstemperatur bei Verbrennung in Notgasfackel = **600 °C**
- Biogastemperatur = **35 °C**
- Geländetyp, **Stadtgebiet** (Rauhigkeitsklasse 5)
- Höhe der Umgebungsbebauung = **18 m** (mittlere Bebauungshöhe)
- Windgeschwindigkeit = **3 m/s**
- Aufpunkthöhe = **2 m**

Brand und Explosion

Zur Bewertung der in den Abschnitten 5.3.6 und 5.3.7 beschriebenen Explosionsdruck und Wärmestrahlung werden die Beurteilungswerte in Tabelle 3 herangezogen.

Tabelle 3. Beurteilungswerte für Auswirkungen von Wärmestrahlung und Explosionsüberdruck (gemäß Leitfaden KAS-18 [19]).

Effekt	Beurteilungswert	Bemerkung
Wärmestrahlung	1,6 kW/m²	Grenze des Beginns nachteiliger Wirkungen für Menschen
Explosionsüberdruck	0,1 bar	mittlerer Grenzwert für die Flächennutzungsplanung

Die nachfolgend aufgeführten grundsätzliche Annahmen werden den Störungsszenarien in den Abschnitten 5.3.6 und 5.3.7 zugrunde gelegt.

Aufgrund der größten möglichen Biogaslagermenge[7] im Gasballon des Gasspeichers, wird dieses Anlagenteil als Basis für die durchgeführten Störungsbetrachtungen gewählt.

Das maximale Gasspeichervolumen im Gasballon beträgt 200 m³. Konservativ (ohne Detailkenntnisse) wird eine Biogasdichte von 1,3 kg/m³ und ein Methangehalt im Biogas von 75 Vol.-% angenommen. Aus vorgenannten Annahmen ergeben sich für den Gasspeicher (Gasballon) 260 kg Biogas bzw. 107,5 kg Methan[8] (CH_4).

[7] gemäß Leitfaden KAS-18 ist das abdeckende Szenario zu betrachten

[8] Berücksichtigung der Normdichte von Methan von 0,7161 kg/m³

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Bezüglich des über der Hallendachebene (18,50 m) befindlichen Gasraumes im Anaerobreaktor ist nachfolgendes auszuführen. Bei Zugrundelegung des maximal möglichen Biogasvolumens von 169 m³ und den oben genannten konservativen Biogasparametern beträgt die maximal mögliche Speichermenge an Methan (CH_4) 90,8 kg. Die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre im Inneren des Anaerobreaktors ist nur im Falle des Lufteintritts über die Unterdrucksicherungen möglich. Die Entstehung von Unterdruck im Behälter, welcher zum Ansprechen der Sicherungen führen würde, ist auf Grund der dargestellten geplanten Maßnahmen (Pufferung der Biogasmenge im Gesamtsystem, durch einen flexiblen Gasspeicher [Gasballon], das Abschalten der Gasentnahme bei Erreichen einer Mindestbefüllmenge des Gassystems, Maßnahmen bei Entleerung des Reaktors [Stickstoff-Inertisierung]) vernünftigerweise auszuschließen. Auch in Verbindung mit der geplanten explosionsgeschützten Ausführung von Bauteilen bzw. Einrichtungen in und am Anaerobreaktor sowie dem geplanten Einbau von Flammenrückschlagsicherungen und Detonationssicherungen vor und nach jedem Aggregat ist davon auszugehen, dass der Eintritt und die Auswirkungen einer Störung, bezogen auf Brand und Explosion als geringer einzuschätzen sind als jene am Gasspeicher. Daher stellen die für den Gasspeicher ausgewählten Szenarien abdeckende Szenarien dar.

5.3.2 Freisetzung von Schwefeldioxid bei Verbrennung von Biogas in der Notgasfackel bei Ausfall der Entschwefelung

Bei dieser Störung wird davon ausgegangen, dass die Biogasentschwefelung vollständig ausfällt und nicht in den Kesseln 1 - 4 eingesetzt werden kann (vgl. Maßnahmen „Ausfall Biogasentschwefelung“ und „Ausfall Kessel 4“).

Zusätzlich zu den oben dargestellten Bedingungen wird angenommen, dass die Ableithöhe der geplanten Notgasfackel 13,6 m und die Austrittszeit maximal 30 Min. (vgl. Festlegungen des Sicherheitskonzept [1], Abfahren der Anlage bei fehlender Biogasabnahme) beträgt.

Für die Ausbreitung der SO_2-Wolke ergeben sich unter Berücksichtigung der vorgenannten Berechnungsparameter und Annahmen die nachfolgend aufgeführten Immissionskonzentrationen:

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

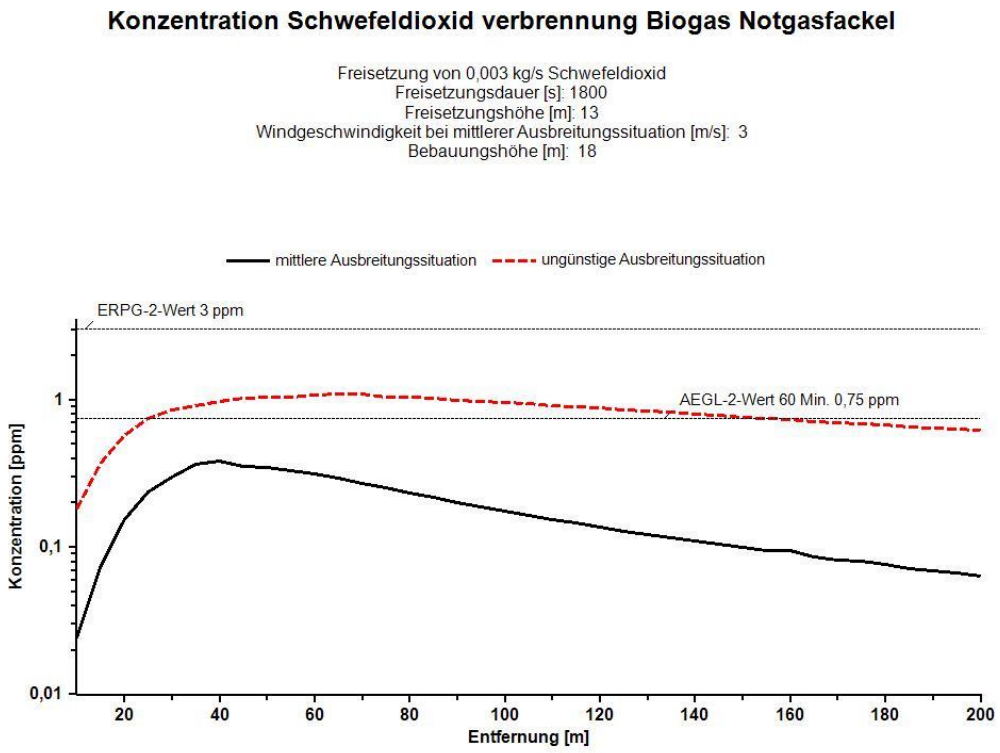

Abbildung 1 Konzentrations-Entfernungs-Verhältnis mittlere und ungünstige Ausbreitungssituation, Verbrennung in der Notgasfackel.
Querbalken kennzeichnen die Beurteilungswerte ERPG-2 und AEGL-2.

Das Berechnungsprotokoll ist im beigefügten Auswerteblatt in der Anlage dargestellt.

5.3.3 Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus der Notgasfackel bei Ausfall der Entschwefelung

Bei dieser Störung wird davon ausgegangen, dass die Biogasentschwefelung vollständig ausfällt und bis zur Zündung des Biogases H_2S aus der Notgasfackel ausströmt (vgl. Maßnahmen „Ausfall der Notgasfackel“).

Zusätzlich zu den oben dargestellten Bedingungen wird angenommen, dass die Ableithöhe der geplanten Notgasfackel 13,6 m und die Austrittszeit bis zum Zünden der Fackel maximal 1 Min. beträgt.

Für die Ausbreitung der Biogaswolke mit dem als toxisch einzustufenden H_2S-Anteil ergeben sich unter Berücksichtigung der vorgenannten Berechnungsparameter die nachfolgend aufgeführten Immissionskonzentrationen:

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

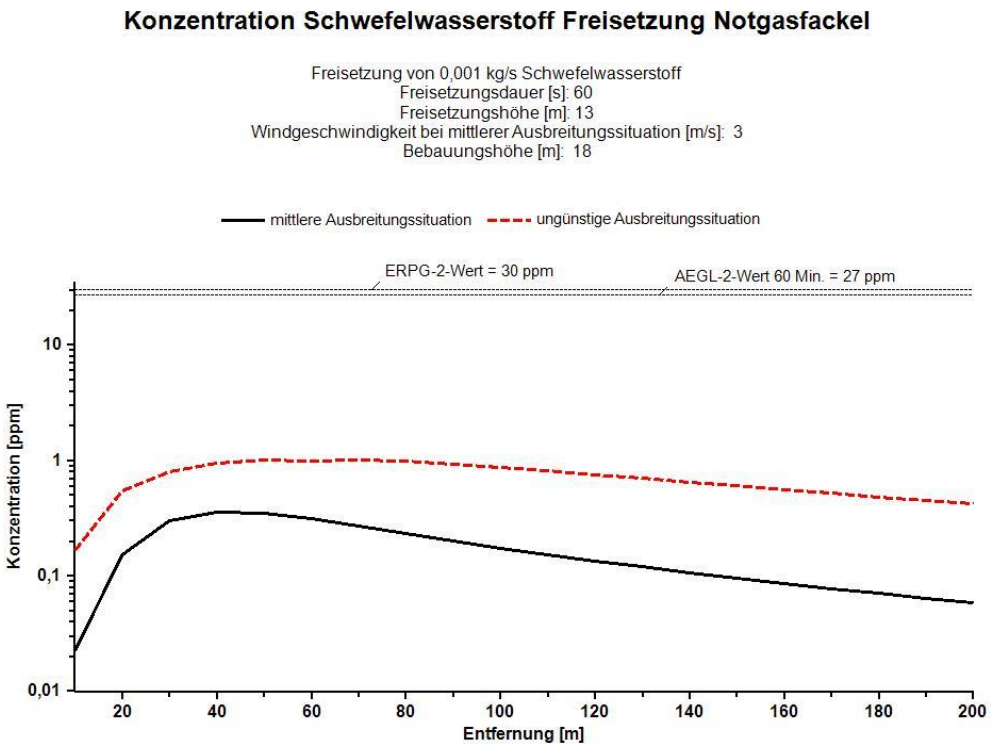

Abbildung 2 Konzentrations-Entfernungs-Verhältnis mittlere und ungünstige Ausbreitungssituation, Austritt Schwefelwasserstoff aus der Notgasfackel bis zur Zündung. Querbalken kennzeichnen die Beurteilungswerte ERPG-2 und AEGL-2.

Das Berechnungsprotokoll ist im beigefügten Auswerteblatt in der Anlage dargestellt.

5.3.4 Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus der Überdrucksicherung bei Ausfall der Entschwefelung und Notgasfackel

Bei dieser Störung wird davon ausgegangen, dass die Biogasentschwefelung vollständig ausfällt und auf Grund des unwahrscheinlichen Falls der Überfüllung des Gasspeichers, die Überdrucksicherung ausgelöst wird (vgl. Maßnahmen „Ausfall der Notgasfackel“).

Auf Grund des größeren Gasspeichervolumens und der geringeren Freisetzungshöhe der Überdrucksicherung ist der Gasspeicher als abdeckend für dieses Szenario auszuwählen (vgl. Abschnitt 5.3.1). Zusätzlich zu den oben dargestellten Bedingungen wird die Ableithöhe der Überdrucksicherung am Gasspeicher mit 11 m und die Austrittszeit mit maximal 30 Min. (vgl. Festlegungen des Sicherheitskonzept [1], Abfahren der Anlage bei fehlender Biogasabnahme) angenommen.

Für die Ausbreitung der Biogaswolke mit dem als toxisch einzustufenden H_2S–Anteil ergeben sich unter Berücksichtigung der vorgenannten Berechnungsparameter die nachfolgend aufgeführten Immissionskonzentrationen:

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

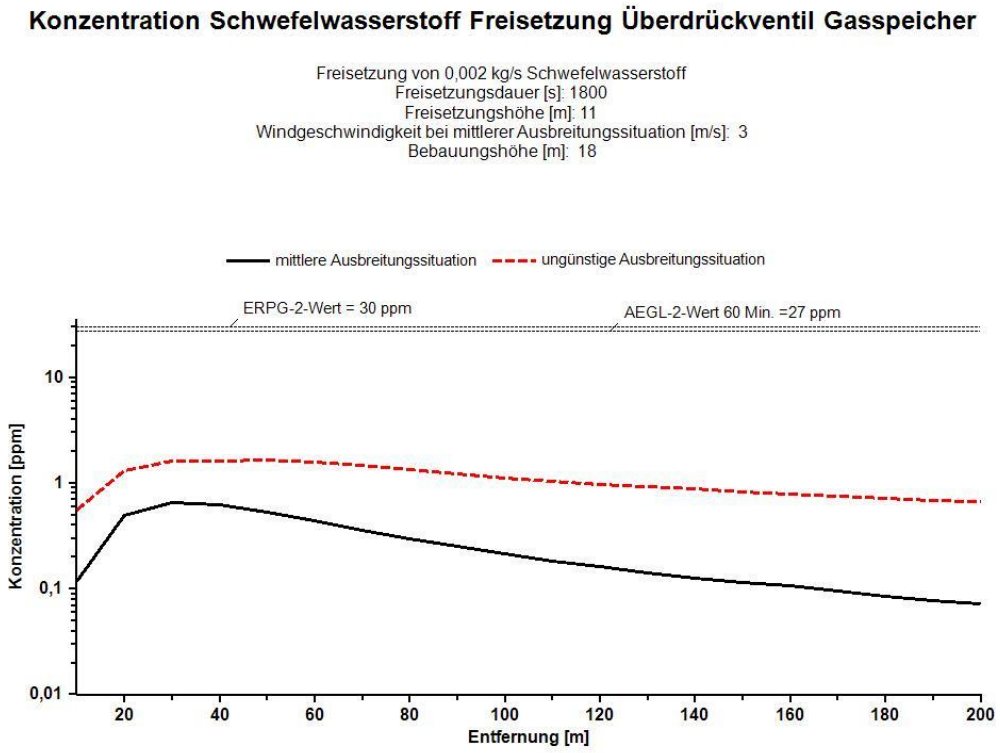

Abbildung 3 Konzentrations-Entfernungs-Verhältnis mittlere und ungünstige Ausbreitungssituation, Freisetzung aus der Überdrucksicherung Biogasspeicher.
Querbalken kennzeichnen die Beurteilungswerte ERPG-2 und AEGL-2.

Das Berechnungsprotokoll ist im beigefügten Auswerteblatt in der Anlage dargestellt.

5.3.5 Bewertung der Schadstoffausbreitung

Zur Bewertung der in den Abschnitten 5.3.2 bis 5.3.4 beschriebenen SO_2- bzw. H_2S-Immissionskonzentrationen werden nachfolgende Beurteilungskriterien herangezogen.

Schwefeldioxid (SO_2)

Aus der Berechnung der im Abschnitt 5.3.2 betrachtete Störung ergibt sich für die gemäß Leitfaden KAS-18 zu betrachtenden mittleren Ausbreitungsbedingungen mit 0,382 ppm im Immissionsmaximum in 40 m Entfernung zur Freisetzungsquelle (Gasfackel) ein Konzentrationswert deutlich unterhalb des ERPG-2-Wertes und des AEGL-2-Wertes für SO_2. Der ERPG-2-Wert wird auch bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen nicht erreicht. Für ungünstige Ausbreitungsbedingungen ergibt sich im Entfernungsbereich zwischen 25 und 155 m eine geringfügige Überschreitung des AEGL-2-Wertes für SO_2. Bezogen auf den für den ungefährlichen Betrieb einer Sicherheitseinrichtung, hier Notgasfackel, relevanten kürzesten Abstand zur Betriebs-/Anlagengrenze von 49 m wurden die Konzentrationswerte für SO_2 für mittlere Aus-

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

breitungsbedingungen von 0,347 ppm und für ungünstige Ausbreitungsbedingungen von 1,042 ppm ermittelt.

Bezogen auf den maßgeblichen ERPG-2-Wert (vgl. Tabelle 2) der nicht erreicht oder überschritten wird ist für dieses Szenario nachgewiesen, dass das auslegungsgemäße Ansprechen dieser Sicherheitseinrichtung (Notgasfackel) nicht zu einem Störfall führt.

Schwefelwasserstoff (H_2S)

Aus den Berechnungen der in den Abschnitten 5.3.3 und 5.3.4 betrachtete Störungen ergibt sich sowohl für mittlere als auch für ungünstige Ausbreitungsbedingungen, dass der ERPG-2-Wert und der AEGL-2-Wert für H_2S bereits im Immissionsmaximum deutlich unterschritten wird (im Maximum 1,011 ppm (Fackel) bzw. 1,646 ppm (Überdrucksicherung) beide bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen).

Eine ernste Gefahr durch die Freisetzung von H_2S durch das Austreten aus der Notgasfackel oder dem Überdruckventil ist somit gemäß den in den Abschnitten 5.3.3 und 5.3.4 betrachtete Störungen vernünftigerweise ausgeschlossen.

5.3.6 Verpuffung Biogas

5.3.6.1 Störungsbetrachtung

Als worst-case-Störung wird unterstellt, dass die Folie des Gasballons aufreißt und das Biogas gezündet wird. Sowohl das Aufreißen der Folie ist aufgrund der Materialeigenschaften als auch die Zündung, z. B. durch einen Blitzeinschlag oder durch im Innenbereich des Gasspeichers befindliche Geräte, vernünftigerweise ausgeschlossen.

Alle im Nahbereich des Behälters befindlichen Geräte werden mit einer entsprechenden ATEX-Zulassung (Konformitätsbescheinigung nach Richtlinie 94/4 EG) versehen. Ein Blitzeinschlag ist aufgrund einer geplanten Bewertung der Gefährdung durch Blitzeinschlag (Risikoanalyse gemäß VDE 0180-305 / IEC-Norm 63305-2) sowie der darauf basierenden Umsetzung in der Planung und Bauausführung[9] vernünftigerweise ausgeschlossen.

Somit beinhalten die nachfolgend durchgeführten Berechnungen für eine Verpuffung des Biogases einen sogenannten Dennoch-Fall (Restrisiko).

Darüber hinaus ist festgestellt, dass Biogas nur im direkten Nahbereich bei Austritt des Biogases aus dem Gasspeicherbehälter in einer zündfähigen Gas-Luftatmosphäre vorliegt (innerhalb des als Ex-Zone 2 auszuweisenden Bereiches von 3 m z. B. um Überdrucksicherungen).

Somit ist außerhalb des Gefahrenzonenbereiches (gemäß Exzonenplan) eine Zündung des Biogases auch bei vorhandenen Zündquellen nicht gegeben.

[9] vgl. Abschnitt 5.2 Tabelle 1

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Beschreibung der Störung

Für die Verpuffung des Biogases wird unterstellt, dass der Folienbehälter (Gasballon im Gasspeicherbehälter als größter Gasspeicher) aufreißt, die 260 kg[10] Biogas (entspricht 107,5 kg CH_4) vollständig in den Gasspeicherbehälterinnenraum freigesetzt und gezündet werden.

Angenommen wird auf Grund der Ausführung des Gasspeicherbehälters (spiralgefalzter Stahlbehälter) und der örtlichen Gegebenheiten (unmittelbar neben der Halle „Walzenlager“ mit geschlossener, gemauerter Wand zum Behälter) eine Verdämmung von 50 %.

Die Berechnung für die o. g. Verpuffung erfolgte mit dem Ausbreitungsberechnungsprogramm ProNuSs [27].

Die einzelnen Eingabeparameter für die Explosions- / Verpuffungsberechnung sind dem Berechnungsprotokoll in der Anlage zu entnehmen.

Berechnungsergebnis

Der bei der Verpuffung entstehende Überdruck ist in Abhängigkeit der Entfernung aus den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.

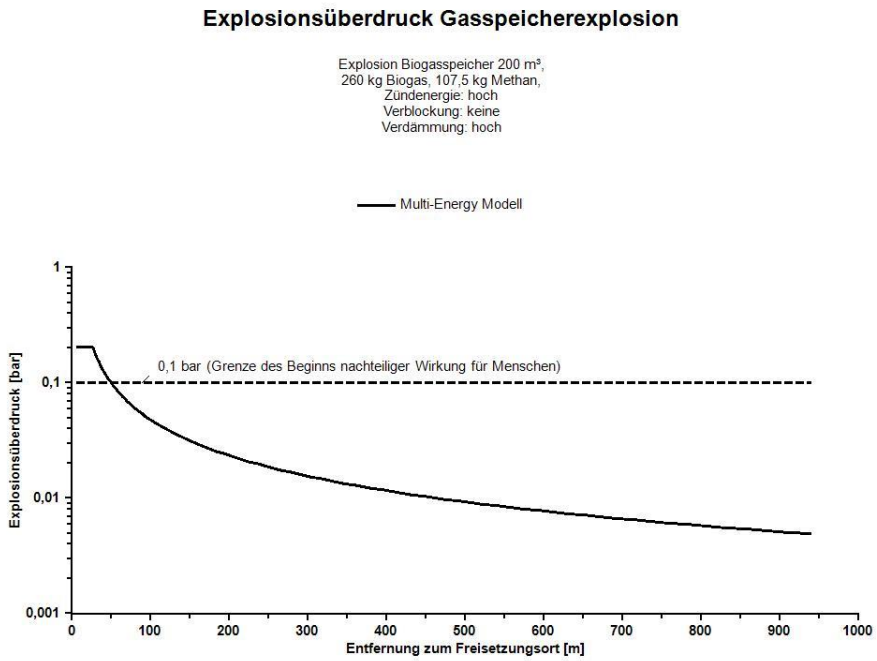

Abbildung 4. Druckverlauf bei Verpuffung Biogas (Methan) im Gasspeicher.

[10] Annahme: max. Gasspeichervolumen im Gasballon beträgt 200 m³; bei konservativer Annahme (ohne Detailkenntnisse) der Biogasdichte von 1,3 kg/m³, Methangehalt im Biogas von 75 Vol.- %

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

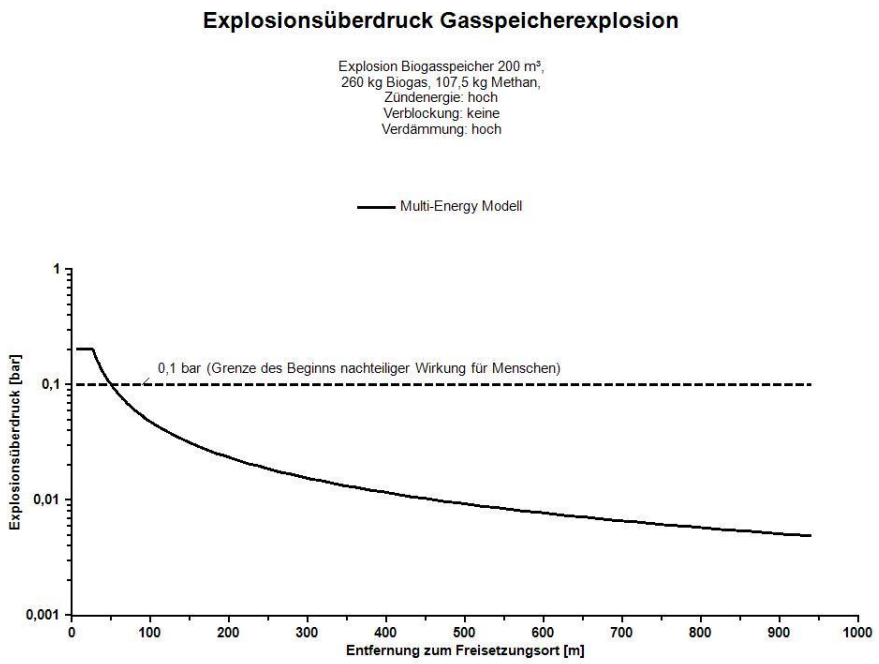

Abbildung 5. Druckverlauf bei Verpuffung Biogas (Methan) im Gasraum des Anaerobreaktors.

Aus der Grafik bzw. dem in der Anlage beigefügten Auswertungsblatt ergibt sich für den im Leitfaden KAS-18 für die Flächennutzungsplanung zugrunde gelegten mittleren Grenzwert des Überdrucks durch Explosionen von 100 mbar, eine Entfernung von ca. 50 m.

5.3.6.2 Bewertung

Bei der Bewertung von Explosionsdruckauswirkungen ist zu unterscheiden bezüglich der Auswirkung auf Menschen sowie Gebäude und Sachgüter.

In der nachfolgenden Tabelle sind verschiedene in der Literatur genannte kritische Explosionsdruckauswirkungen auf Menschen, Gebäude und Sachgüter zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 4. Kritische Explosionsdrücke.

Kritische Explosionsdruckwirkungen auf Gebäude und Sachgüter	
Beschreibung der Auswirkungen	**Explosionsdruck [mbar]**
Grenze des Glasbruchs	2
Zerstörung einiger Fensterscheiben (ca. 10 %)	10
Zerstörung von ca. 50 % aller Fensterscheiben	15 - 30
Asbestzementplatten, Alu-/Stahlverkleidungen und Verbindungen brechen	70 - 140

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Kritische Explosionsdruckwirkungen auf Gebäude und Sachgüter	
Beschreibung der Auswirkungen	**Explosionsdruck [mbar]**
Leichte bis mittlere Gebäudeschäden	120
Schäden an Anlagen	150
Schäden an Putz	170
Flachbodentanks, z. B. mit Kohlenwasserstoffen, reißen auf	200 - 250
Dächer werden abgehoben	300
Mittlere bis schwere Gebäudeschäden	350
Beladene Eisenbahnwaggons kippen um, Ziegelmauerwerk beult ein	500
Zerstörung von Stahlbetonwänden	700
150 kg schwere Gegenstände fliegen umher	1000
Leichtes Stahlfachwerk oder sehr schwach bewehrter Beton werden beschädigt	1170
Stahlfachwerk und leicht bewehrter Beton werden beschädigt	1700
Zerstörung von Stahlkonstruktionen	2500

Kritische Explosionsdruckwirkungen auf Menschen	
Beschreibung der Auswirkungen	**Explosionsdruck [mbar]**
Sicher für Personen im schützenden Gebäude abseits von Fenstern	7
Verletzungen durch Glassplitter	14 - 32
Verletzungen durch 10 g- Wurfstücke	28
Mensch wird umgeworfen, Tod durch Wurfstücke oder Anprallen an Gegenständen	150 - 200
Trommelfellriss möglich	350
Lungenschäden möglich	400 - 500
Zerstörung der Lunge	1000
Trommelfellriss mit 50 % Wahrscheinlichkeit	1034 - 2100
Grenze der Todesfälle durch Druck	2100 - 2900
Für 50 % tödlich	2900 - 3900
Für nahezu 100 % tödlich	3900 - 5500

Für Störfallanlagen geht die Kommission für Anlagensicherheit gemäß Leitfaden KAS-18 bei der Bewertung und Festlegung des Grenzwertes für den Überdruck durch Explosionen bezugnehmend auf die Begriffsdefinition aus der StörfallV von

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

einem mittleren Grenzwert von 100 mbar[11] aus. Entsprechend wäre für einen Störfallbetrieb diese Entfernung bis zum Unterschreiten dieses Grenzwertes als angemessener Abstand auszuweisen. Ohne Berücksichtigung von Einflüssen der in diesem Bereich befindlicher Einrichtungen und Bauwerke, wären dies für die bewertete Anlage und Störung 50 m bezogen auf den Gasspeicher und 47 m bezogen auf den Anaerobreaktor jeweils von der Mitte der Gaswolke.

Außerhalb des Betriebsgeländes liegt innerhalb dieses Abstandes die unmittelbar westlich an das Betriebsgelände angrenzende Straßenführung.

Der errechnete maximale Explosionsüberdruck für die vom Betreiber genannten, in der Nähe befindlichen schutzbedürftigen Objekte im Sinne des Leitfadens KAS-18 beträgt ohne Berücksichtigung der im nachfolgenden Absatz beschriebenen „Abschirmung“ für die Kirche 57,3 mbar (bezogen auf die Entfernung zum Anaerobreaktor von 79 m), die Schulturnhalle und Feuerwehr 51,5 mbar (bezogen auf die Entfernung zum Gasspeicher von 104 m), den Kindergarten 37,3 mbar (bezogen auf die Entfernung zum Anaerobreaktor von 120 m) sowie die Haltestelle Schulbus 32,7 mbar (bezogen auf die Entfernung zum Gasspeicher von 144 m) und liegt damit bereits unterhalb des zu berücksichtigenden Grenzwertes.

Unter Berücksichtigung der o. g. beschriebenen Auswirkungen bzw. Festlegungen und Zugrundelegung des berechneten Überdruckes ist für die Auswirkungen in westlicher Richtung der Einfluss, der zwischen der geplanten Anlage und Ortslage (West) errichteten, betrieblichen Bebauung (Kesselhaus, Walzenlager, Lagerhalle) zu berücksichtigen. Durch Überhöhung der Halle um ca. 4.8 m gegenüber der Gasspeicheroberkannte und das Ausmauern der derzeit vorhandenen Öffnungen im Rahmen der geplanten Anlagenerrichtung, wird die Druckenergie in dieser Richtung durch die Halle überwiegend absorbiert bzw. in Richtung Betriebsgelände reflektiert. Der Explosionsdruck wird sich überwiegend innerhalb des Betriebsgeländes auswirken. Die Berechnung ergibt im Maximum einen Explosionsdruck von ca. 215 mbar in unmittelbarer Nähe des Gasspeichers. Entsprechend oben dargestellten Werten zu kritischen Explosionsdruckwirkungen auf Gebäude und Sachgüter sind demnach mittlere bis schwere Gebäudeschäden (z. B. Einsturz Walzenlagerhalle) vernünftigerweise auszuschließen. Das partielle Eindrücken der Gebäudewand, Schäden an anderen Anlagenteilen (ohne Auswirkungen in Größenordnung der hier betrachteten Szenarien) und das Bersten von Fensterscheiben innerhalb des Betriebsgeländes, kann nicht ausgeschlossen werden.

Auf Grund der Bauweise des den Gasballon umgebenden Behälters (spiralgefalzter Stahlbehälter) mit einer Auslegung von 3 mbar Überdruck ist bei Eintritt des Explosionsereignisses von einem Aufreißen des Behälters auszugehen. Ein Bersten des Behälters mit Trümmerflug kleiner Wandungsbruchstücke ist vernünftigerweise auszuschließen.

Es ist davon auszugehen, dass gefährdende Auswirkungen in Richtung der Ortslage aufgrund der oben dargestellten „Abschirmung“ und der Einmaligkeit sowie Kürze der Einwirkzeit einer Explosion als unwahrscheinlich einzustufen ist.

[11] bezogen auf Gefährlichkeit für den Menschen im Freien

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Die vorgenannten Aussagen sind ohne die Überlegungen hinsichtlich der Gebäudeabschirmung, sinngemäß auch auf den oberhalb der Gebäudehöhe (Walzenlager) liegenden als Gasraum dienenden Teil des Anaerobreaktors zu übertragen. Wie oben dargestellt führt eine Verpuffung in diesem Anlagenteil zu keinen Überschreitungen des Beurteilungswertes von 100 mbar für umliegende Schutzobjekte.

Auf Basis der berechneten Werte und der dargestellten Bewertung ist selbst für den sogenannten Restrisikofall „Verpuffung des gesamten Inhaltes des größten Biogasführenden Anlagenteils (Gasspeicher)“ ebenso wie für den kleineren Gasraum des Anaerobreaktors keine ernste Gefahr außerhalb der Anlage abzuleiten.

5.3.7 Wärmestrahlung bei Brand

5.3.7.1 Störungsbetrachtung

Neben den unter Abschnitt 5.3.6 beschriebenen Auswirkungen bei einer Verpuffung des Biogases bezüglich der entstehenden Überdrücke ist parallel bei diesem Ereignis ebenfalls die Auswirkung der dabei entstehenden Wärmestrahlung zu berücksichtigen.

Insofern ist die Berechnung der entstehenden Wärmestrahlung bei einer Verpuffung von Biogas eine ergänzende Betrachtung zu der unter Abschnitt 5.3.6 beschriebenen Störung.

Beschreibung der Störung

Die Beschreibung der Störung Wärmestrahlung bei Brand ist analog der Beschreibung aus Abschnitt 5.3.6.

Die für die Wärmestrahlung verwendeten Berechnungsparameter sind dem Berechnungsprotokoll in der Anlage zu entnehmen. Die Berechnung für die Verpuffung erfolgte mit dem Ausbreitungsberechnungsprogramm ProNuSs [27].

Berechnungsergebnis

Die bei einer Verpuffung entstehende kurzfristige Wärmestrahlung (innerhalb von wenigen Sekunden) ist den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen (vgl. auch Datenblatt in der Anlage).

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

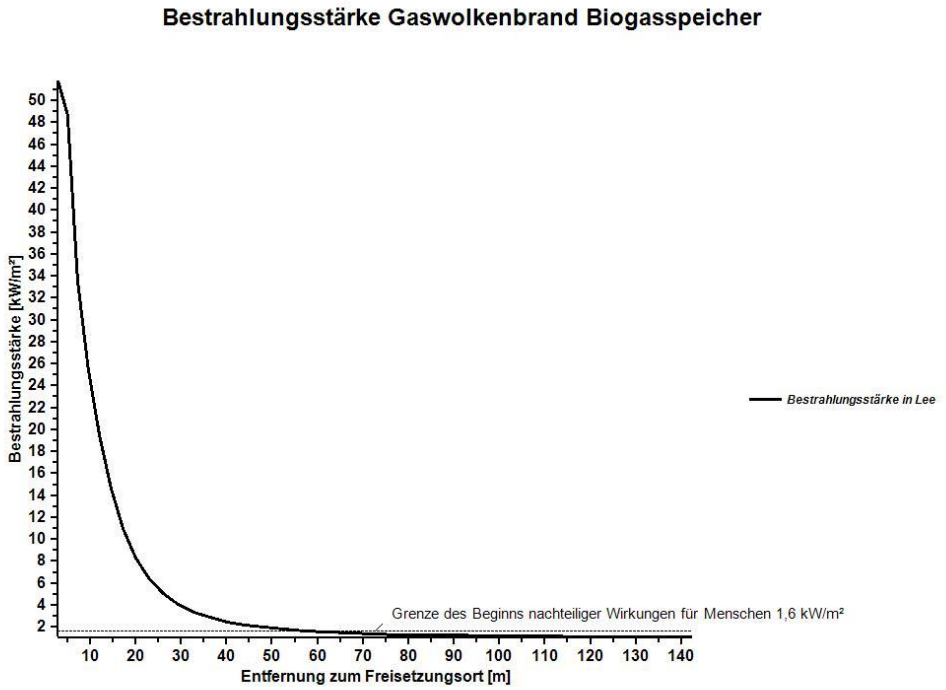

Abbildung 6. Wärmestrahlung bei Verpuffung Biogas (Methan), Biogasspeicher.

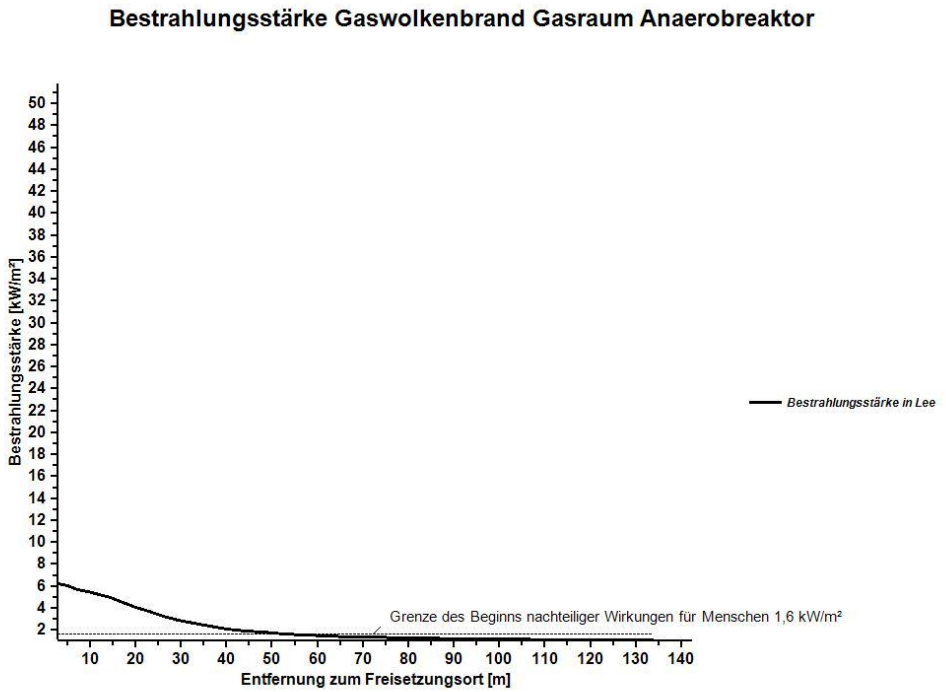

Abbildung 7. Wärmestrahlung bei Verpuffung Biogas (Methan), Gasraum Anaerobreaktor.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Aus den obigen Abbildungen ist ersichtlich, dass bei ca. 58 m bezogen auf den Biogasspeicher und bei ca. 54 m bezogen auf den Anaerobreaktor die Wärmestrahlungsbelastung bei dem in der KAS-18 zugrunde gelegten Beurteilungswert von 1,6 kW/m², Grenze des Beginns nachteiliger Wirkungen für Menschen, liegt. Gleichzeitig ist aber für die Bewertung dieser Strahlungsleistung zu beachten, dass diese Belastung nur für wenige Sekunden vorliegt.

5.3.7.2 Bewertung

Zur Beurteilung der Bestrahlungsleistungen für Menschen sowie Baustoffe und Anlagen werden die nachfolgenden Literaturdaten herangezogen:

Tabelle 5. Kritische Bestrahlungsleistungen.

Kritische Bestrahlungsleistungen für Baustoffe, Anlagen und Menschen	
Beschreibung der Auswirkungen	**Bestrahlungsleistung [kW/m²]**
Empfindliche Gebäude (Krankenhäuser, Altenheime, Schulen, Wohnhäuser) [12]	1-2
Grenze für nachteilige Wirkungen [13]	1,6
Öffentliche Straßen [13]	4,5
Platzen von Fensterscheiben (6 s) [14]	5
Selbstentzündung von Kunstfasern [14]	7
Selbstentzündung von Papier (5 s) [14]	8
Grenze für wahrscheinliche Feuerübertragung [14]	8,0
Schmieröl an Maschinen [14]	9,2
Ungekühlte Lagertanks [13]	10,0
Fremdentzündung von ungestrichenen porösen Holzfaserplatten [15]	11
Anstrichfarbe auf Maschinen oder Konstruktionen [15]	12,2
Holzdämpfe entzünden sich [13]	12,5
Fabrikgebäude (Leitwarten, Werkstätten) [14]	12,6
Fremdentzündung von ungestrichenen harten Holzfaser platten [15]	13

[12] J. Gwehenberger, H. Mayer, A. Matzarakis: Schadenpotential über den Ausbreitungspfad Atmosphäre bei Unfällen von Gefahrguttankfahrzeugen, TÜ Bd. 40 (1999), Nr. 11

[13] W. Kaiser, P. Rogaschewski, M. Schindler: Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszenarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift, UBA-Forschungsbericht 29748 428, Anhang 3 (28.02.2000)

[14] P.G. Seeger: Wärmeübertragung durch Strahlung und Konvektion bei Bränden in Flüssiggaslägern, VFDB (1987)

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Kritische Bestrahlungsleistungen für Baustoffe, Anlagen und Menschen	
Beschreibung der Auswirkungen	**Bestrahlungsleistung [kW/m²]**
Fremdentzündung von Baumwollgewebe [15]	13
Fremdentzündung von Holz nach längerer Einwirkzeit [13]	13-25
Fremdentzündung von Sperrholz [15]	17
Fremdentzündung von gestrichenem Holz (trocken) [15]	17-25
Konstruktionen und ortsfeste Bauteile [15]	18,9
Selbstentzündung von Baumwollgewebe [15] [15]	24
Selbstentzündung von ungestrichenen porösen Holzfaser-platten [9] [10]	25
Selbstentzündung von ungestrichenem dunklem Holz (ofen-trocken) [9] [10]	34
Selbstentzündung von Textilien [15] [16]	34
Brennbare Oberfläche trotz Kühlung nicht mehr aufhaltbar [13]	35
Gekühlte Lagertanks [13]	37,8
Stahlkonstruktionen versagen (900 s) [14]	42,0
Selbstentzündung von duroplastischem Kunststoff [15] [16]	84
Menschen	
Max. Strahlungsstärke bei unbestimmter Bestrahlungsdauer [15]	1,3
Grenze für nachteilige Wirkungen [15]	1,6
Schmerz nach 10 - 20 s [15]	4
Schmerz tolerierbar (20 s) [13]	4
Schmerz tolerierbar (13 s) [13]	5
Feuerwehreinsatz kurzzeitig [14]	5
Verbrennung 1. Grades [13] (Schmerz, > 8 s)	6,4
Feuerwehreinsatz in besonderem Schutzanzug [14]	8
Tödliche Schwelle (40 s) [13]	10
Verbrennung 1. Grades [13] (Schmerz, > 3 s)	10,4
Schmerz nach 3 s [15]	10,5
Blasen nach 10 - 12 s [15]	10,5
Verbrennung 2. Grades [13] (Blasenbildung, > 10 s)	10,5

[15] nach einer Einwirkungszeit von max. 15 min

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Kritische Bestrahlungsleistungen für Baustoffe, Anlagen und Menschen	
Beschreibung der Auswirkungen	**Bestrahlungsleistung [kW/m²]**
Verbrennung 2. Grades [13] (Blasenbildung, > 16 s)	16
Feuerwehreinsatz mit Nomex-Schutzkleidung (max. 11 s) [16]	20
Feuerwehreinsatz mit Hitzeschutzkleidung (max. 30 s) [17]	40

Die Wärmestrahlung für die vom Betreiber genannten, in der Nähe befindlichen schutzbedürftigen Objekte im Sinne des Leitfadens KAS-18 beträgt ohne Berücksichtigung der im Abschnitt 5.3.6.2 und nachfolgend beschriebenen „Abschirmung“ für die Kirche (bezogen auf die Entfernung zum Anaerobreaktor von 79 m) 1,25 kW/m² und die Schulturnhalle und Feuerwehr (bezogen auf die Entfernung zum Gasspeicher von 104 m) 1,15 kW/m². Für den Kindergarten (bezogen auf die Entfernung zum Anaerobreaktor von 120 m) 1,09 kW/m² und die Haltestelle Schulbus (bezogen auf die Entfernung zum Gasspeicher bzw. Anaerobreaktor von 144 m bzw. 151 m) wurde der Wert 1,00 kW/m² ermittelt. Die Strahlungswerte liegen damit für diese Objekte unter dem zu berücksichtigenden Beurteilungswert.

Darüber hinaus wären die Bestrahlungsauswirkungen unter Berücksichtigung der bei einer Verpuffung nur kurzzeitig anliegenden Strahlungsdauer (< 25 sec) selbst bei Nichtberücksichtigung der Abschirmungswirkung durch die zwischen Strahlungsquelle (Biogasspeicher) und dem innerhalb des nach KAS-18 gebotenen angemessenen Abstandes von 58 m (Biogasspeicher) bzw. 54 m (Anaerobreaktor) liegenden kurzen Bereich der unmittelbar an das Firmengrundstück angrenzenden Straße (Obertsroter Str., K3700) liegenden Gebäude (Halle) als unkritisch zu bewerten. Darüber hinaus ist auf Grund ihrer Nutzung die Obertsroter Straße nicht als wichtiger Verkehrsweg einzustufen (< 1.000 DTV, Verkehrsmonitoring 2020).

Wie bereits im Abschnitt 5.3.6.2 ausgeführt fungiert die westlich des Gasspeichers errichtete Halle auch für die Wärmestrahlung als Abschirmung für den Biogasspeicher in Richtung der Ortslage.

Auf Grund der für die im Strahlungsmaximum (Quellen) berechneten Wärmestrahlung und der Entfernungen zu benachbarten Gebäuden im Betriebsgelände, ist unter Berücksichtigung der in Tabelle 5 dargestellten kritischen Bestrahlungsleistungen eine Brandübertragung auf bzw. Selbstentzündung benachbarter baulicher bzw. technischer Anlagen nicht auszuschließen.

Unter den o. g. Aspekten ist aus Sicht der Bearbeiter dieses Berichtes eine ernste Gefahr durch Wärmestrahlung bei Verpuffung von Biogas außerhalb des Betriebsgeländes, insbesondere für Menschen im Freien, vernünftigerweise auszuschließen.

[16] Auskunft der Berliner Feuerwehr (2004)

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

5.4 Sicherheitstechnische Bewertung

Sicherheitstechnische Anforderungen werden auf Grund des konzeptionellen Charakters des Sicherheitskonzept [1] im Rahmen der Vorplanungsphase nur in allgemeiner Form, bezogen auf die dargestellten Gefährdungen betrachtet. Insofern geht der konkrete sicherheitstechnische Aufbau derzeit nicht aus den zu prüfenden Unterlagen [1] hervor. Im Detail zu realisierende sicherheitstechnische Anforderungen ergeben sich aus den im Teil 2 der LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen [15] beschriebenen, sicherheitsrelevanten Prüfaspekten bei Biogasanlagen und stellen somit Zielvorgaben dar.

Diese Zielvorgaben sind im Rahmen der Detailplanung, Errichtung und des Betriebes der Anaerobanlage zu beachten bzw. umzusetzen. Nach Erstellung der Detailplanung wird diese dem Wunsch des Betreibers entsprechend hinsichtlich der Berücksichtigung aller Zielvorgaben gutachterlich geprüft.

Gleichzeitig dienen sie als Grundlage für die sicherheitstechnische Abnahmeprüfung vor Inbetriebnahme der Anlage.

Die Tabelle 6 stellt diese Prüfaspekte dar und gibt die hierzu im Sicherheitskonzept [1] dargestellten Inhalte an.

Tabelle 6. Sicherheitstechnische Anforderungen an die Anaerobanlage.

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Teil 2) [15]	**Inhalte im Sicherheitskonzept [1]**
Bautechnische Sicherheit/Statik • Statik / Standsicherheit der baulichen und technischen Anlagen • Auslegung für die betreffende Erdbebenzone • Auslegung gegen weitere umgebungsbedingte Gefahrenquellen (wie Wind, Kälte, Schnee, Überflutungen soweit relevant) • Auslegung gegen dynamische Belastungen, wie durch Rührwerke, Gasblase und Wetterschutzfolie • Behälterschwächung (z. B. Wanddurchbrüche für Schaugläser) • Bau- und wasserrechtliche Regelungen zur Standsicherheit, Dichtigkeit und Beständigkeit wie gegen die zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüsse • Instandhaltung (einschließlich Überwachung)	Ausführung der Anlagen entsprechend aller gültigen und relevanten DIN/EN-Normen und Vorschriften. Für alle neu zu errichtenden Bauwerke und Stahlbehälter wird eine statische Berechnung durchgeführt. In diesen statischen Berechnungen werden die entsprechenden Faktoren für Erdbebenlasten berücksichtigt. Sämtliche Berechnungen werden zudem von einem Prüfstatiker überprüft. Die in den vorab beschriebenen Ausarbeitungen definierten Wartungsintervalle zur Erhaltung des geplanten technischen Zustandes der Anlage werden eingehalten.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Teil 2) [15]	**Inhalte im Sicherheitskonzept [1]**
Gastechnische Sicherheit • Beschaffenheit von Foliensystemen (Material, Fertigung, Errichtung, Statik) • Dichtigkeit von gasbeaufschlagten Anlagenteilen (u. a. Befestigung / Abdichtung von Foliensystemen gegenüber dem Behälter) • Druckauslegung (u. a. Über- und Unterdruckabsicherung) • Beschaffenheit und Betrieb von gasbeaufschlagten Anlagenteilen (Ausführung als dauerhaft technisch dicht / technisch dicht) • sichere Aufstellung von gasbeaufschlagten Anlagenteilen (z. B. Gasverbrauchseinrichtungen, Gasverdichter usw.) • Lüftungsmaßnahmen (natürlich und technisch) • Instandhaltung (Überwachung, Prüfung und Wartung)	Ausführung der Anlagen entsprechend aller gültigen und relevanten DIN/EN-Normen und Vorschriften. Die Gasleitungen werden in der Qualitätsstufe dauerhaft dicht ausgeführt. Leckagen im Gasbereich sind somit technisch ausgeschlossen Der Anaerobreaktor und der Gasspeicher werden mit einer Über- und Unterdrucksicherung ausgeführt. Diese Über- und Unterdrucksicherungen werden frostsicher ausgeführt und so hergestellt, dass sie nach ihrem Ansprechen kurzfristig wieder betriebsbereit sind. Das Anspringen der Über- bzw. Unterdrucksicherung wird durch entsprechende Druckschalter erkennbar gemacht. Die in den vorab beschriebenen Ausarbeitungen definierten Wartungsintervalle zur Erhaltung des geplanten technischen Zustandes der Anlage werden eingehalten.
Funktionale Sicherheit (hier weiter) • Identifizierung sicherheitsrelevanter Schutz- und Schadensbegrenzungseinrichtungen • Beschaffenheit und Betrieb von Sicherheits- und Schadensbegrenzungseinrichtungen, wie Flammendurchschlagsicherungen, zusätzliche Gasverbrauchseinrichtungen (wie Notfackel), Leckageerkennungsmaßnahmen (u. a. Fermenter, Gärrestelager), Rückhalteeinrichtungen (wie Umwallung von Anlagenteilen), Füllstandsüberwachungen, Not-Aus-Systeme, Abschaltkriterien (u. a. Gasverbraucher), Störmeldeweiterleitung • Schutz von Anlagenteilen gegen Beschädigungen • Schutz gegen Fehlbedienungen • Zutrittsbeschränkung • Kondensatabscheidung (u. a. frostsichere Ausführung) • Gasanalyse	Ausführung der Anlagen entsprechend aller gültigen und relevanten DIN/EN-Normen und Vorschriften. Die installierten Messgeräte (Durchfluss, pH, Temperatur, Gaszusammensetzung) regen bei Feststellung einer Überschreitung von wesentlichen Grenzwerten sofort geeignete Schaltungen an, um Schaden von der Anlage oder dem Vorfluter auch ohne Personaleinsatz abzuwenden. Mit der aufwendigen Messtechnik zur Früherkennung, Überwachung und Steuerung, etc. ist hier ein sehr hohes Maß an präventiver Sicherheitstechnik realisiert. Ausführung der Verrohrung für die Abluftleitung und die Gasleitungen entspricht dem technischen Regelwerk Die Notgasfackel wird als 2-stufige Gasverbrennungsanlage zur Verbrennung von Biogas im Anlagennotbetrieb ausgeführt. Sie besteht im Wesentlichen aus den Hauptkomponenten Gasstraße, Brenner, Brennerrohr und Steuerschrank.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Teil 2) [15]	**Inhalte im Sicherheitskonzept [1]**
• Gasentschwefelung	
Elektrische Sicherheit • Identifizierung sicherheitsrelevanter PLT-Schutz- und Schadensbegrenzungseinrichtungen / Warn- und Alarmeinrichtungen, Not-Aus-Systeme • Beschaffenheit und Betrieb elektrischer Anlagenteile (u. a. gemäß Ex-Zonenausweisung) • Stromversorgung sicherheitsrelevanter Einrichtungen/ Notstromversorgung • äußerer Blitzschutz (wie Ableiter und Erdung) • innerer Blitzschutz (u. a. Potentialausgleich) • Abschaltkriterien, Störmeldeweiterleitung • Schutzabstände zu Freileitungen	Ausführung der Anlagen entsprechend aller gültigen und relevanten DIN/EN-Normen und technischen Vorschriften. Für die neu zu errichtenden Anlagen, Behälter und Maschinen wird ein entsprechendes Erdungssystem nach DIN EN 61340-4-1 und eine Fundamenterdung nach DIN-EN 18014 geplant und ausgeführt. Gegen Blitzschlag wird die Anlage durch eine Blitzschutzanlage nach DIN EN 62305 geschützt. Diese Blitzschutzanlage wird aufgrund einer Blitzschutzberechnung ausgeführt.
Explosionsschutz, Aussagen (Prüfungen) zur Vollständigkeit und Plausibilität der Dokumente nach BetrSichV • Ex-Schutzdokument (Zonenausweisung, Vorhandsein von potentiellen Zündquellen (für alle bestimmungsgemäße Betriebszustände) • Prüfbescheinigungen nach BetrSichV inklusive stichprobenartige Prüfung ex-gefährdeter Bereiche anhand dieser Unterlagen • Beschaffenheit und Betrieb von Vorkehrungen zur Vermeidung und Begrenzung von explosionsfähigen Atmosphären (wie Wände, Raumlüftung), Beschaffenheit und Betrieb von Gassensoren, Flammendurchschlagsicherungen • der Inertisierung der Aktivkohlefilter bei Entleerung und Wiederinbetriebnahme • Konformität, Kennzeichnung und Betrieb elektrischer und nicht elektrischer Anlagenteile, soweit es sich um Geräte/ Systeme/ Einrichtungen gemäß 94/9/EG handelt (Ordnungsprüfung, Sichtprüfung, Prü-	Ausführung der Anlagen entsprechend aller gültigen und relevanten DIN/EN-Normen und Vorschriften. Regelungen zum Explosionsschutz werden im Abschnitt „Bewertung des Brand- und Explosionsfalls“ beschrieben

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Teil 2) [15]	**Inhalte im Sicherheitskonzept [1]**
fung auf bestimmungsgemäße Verwendung)	
Brandschutz Aussagen zur Vollständigkeit und Plausibilität des Brandschutzkonzeptes und darauf aufbauend abschließende Beurteilung der vorhandenen Brandschutzmaßnahmen hinsichtlich • Brandabschnitten • Trennung von Anlagenteilen (z. B. Schutzwände, Bandwände) • Zufahrt(en), Feuerwehrstellflächen • Löschwasserversorgung, Löschwasserrückhaltung • Brandlasten, Eigenschaften der Baustoffe • Gas- und Brandmeldung, Feuerlöscher • Flucht- und Rettungswegeplan • Brandschutzkonzept • Abstimmung des Feuerwehrplans u. ä.	Ausführung der Anlagen entsprechend aller gültigen und relevanten DIN/EN-Normen und Vorschriften. Regelungen zum Explosionsschutz werden im Abschnitt „Bewertung des Brand- und Explosionsfalls“ beschrieben
Konformität • Errichtung und Betrieb entsprechend der Genehmigung mit Anlagen bzw. entsprechend der Antragsunterlagen • Einhaltung von sicherheitsrelevanten Neben-bestimmungen aus dem Genehmigungsbescheid insbesondere aufgrund Begutachtungen vor Errichtung • Einhaltung von nachträglichen Anordnungen • Überprüfung der Sicherheit nach Änderungen des geplanten/genehmigten oder geprüften Anlagenzustandes	-
Dokumentation und Prüfnachweise • Anlagendokumentation (inkl. Betriebstagebuch) • ArbSchG §§ 9 – 15 • BetrSichV, GefStoffV, (Konformitätserklärungen, Nachweise von Prüfungen)	Die notwendigen organisatorischen Maßnahmen werden in das integriertes Managementsystem aufgenommen.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Teil 2) [15]	**Inhalte im Sicherheitskonzept [1]**
• BlmSchG § 7 • VAwS/ VAUwS (AwSV) (Anzeige, Fachbetriebsnachweise, Prüfungen) • Dichtheitsprüfungen (gasbeaufschlagte Anlagenteile wie Behälter, Gasmembrane, Rohrleitungen) • Funktionsprüfungen • Instandhaltung (unter Beachtung der Herstellervorgaben)	
Organisatorische Regelungen, Arbeits- und Betriebsanweisungen, Gefährdungsbeurteilungen und Unterweisungen/Schulungen • systematische Gefahrenanalyse (bauteilbezogen bei Betriebsbereichen (StörfallV)) • systematische Gefährdungsbeurteilung (tätigkeitsbezogen nach BetrSichV, GefStoffV) • Explosionsschutzdokument • Schutzkonzept (systematische Untersuchung der Gefahrenquellen nach BetrSichV bzw. nach § 5 ArbSchG) • Personal (Qualifikation von Betreiber und Beschäftigten, Schulungen usw.) • Betriebsanweisungen zum An- und Abfahrbetrieb (auch Notabfahren), Störungsbeseitigung, Umgang mit Gefahrstoffen • Betriebsanweisungen zum organisatorischen Brand- und Explosionsschutz • Betriebsanweisungen für die Instandhaltung einschließlich Eigenüberwachung • Alarm- und Gefahrenabwehrplan (AGAP) (oder Brandschutzkonzept nach LBauO) und Feuerwehrpläne • Anlagendokumentation, Betriebstagebuch • Freigabeverfahren für das Befahren von Behältern und feuergefährliche Arbeiten	Erstellung vorliegendes Konzept Risikoanalyse nach EN 14121-1 für die gesamte Anlage und den Schnittstellen zu den angrenzenden Anlagenteilen Analyse der sicherheitstechnischen Steuerkreise nach EN 13849-1 bzw. EN 62061 CE-Konformitätserklärung Verfahrenstechnische Sicherheitsanalyse nach HAZOP Erstellung des Ex-Schutzdokumentes Die Anlage wird vor Inbetriebnahme in das Brandschutzkonzept des Standortes in Abstimmung mit dem Kreisbrandmeister integriert.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Punkte LAI – Arbeitshilfe (Teil 2) [15]	**Inhalte im Sicherheitskonzept [1]**
Weitere sicherheitserhebliche Aspekte • Einhaltung von Schutzabständen zu Schutzobjekten (Gebäuden, Verkehrswegen) • Mögliche sicherheitstechnische Wechselwirkungen	

Die grundsätzlichen Aussagen zur vorgesehenen sicherheitstechnischen Ausführung der geplanten Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage der MM Gernsbach GmbH im Sicherheitskonzept [1] und die Umsetzung der in diesem Abschnitt dargelegten Anforderungen in der Planung, Errichtung und im Betrieb der Anlage, ermöglichen die sicherheitstechnischen Anforderungen einzuhalten.

Aus Sicht der Unterzeichner bestehen damit keine Bedenken gegen die geplante Ausführung.

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

6 Auflagenvorschläge

Zur Umsetzung der im vorliegenden Bericht dargestellten Zielvorgaben und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bewerteten Szenarien sowie der Anforderungen aus der LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen [17] ergeben sind aus Sicht des Berichtsersteller für den sicheren Betrieb der Anaerobanlage, die nachfolgend aufgeführten Auflagenvorschläge:

- Die Ergebnisse der vom Betreiber durchzuführenden Sicherheitsanalyse nach HAZOP sind bei der Errichtung der Anlage zu berücksichtigen. Die Umsetzung der aus der Analyse resultierenden Maßnahmen ist im Rahmen der Prüfung durch eine bekanntgegebene Stelle oder einen Sachverständigen (§ 29b BImSchG) vor Inbetriebnahme nachzuweisen.
- Vor Inbetriebnahme der Anlage ist durch eine Risikoanalyse gemäß VDE 0185-305 (IEC-Norm 63305-2) nachzuweisen, dass die Folgen eines Blitzeinschlags nicht zu berücksichtigen sind (d. h. Blitzeinschlag liegt innerhalb des akzeptablen Risikos).
- Die standsichere Ausführung der Anlage, gemäß der vorgelegten Statik / Standsicherheitsberechnungen ist vor der Inbetriebnahme der Anlage im Rahmen der Prüfung durch eine bekanntgegebene Stelle oder einen Sachverständigen (§ 29b BImSchG) nachzuweisen.
- Vor Inbetriebnahme der Anlage muss die erforderliche Brandschutzdokumentation und das Explosionsschutzdokument in angepasster Form vorliegen.
- Der Nachweis der technischen, gastechnischen und funktionalen Sicherheit errichteter Anlagenkomponenten bzw. -einrichtung ist im Rahmen der Prüfung durch eine bekanntgegebene Stelle oder einen Sachverständigen (§ 29b BImSchG) vor Inbetriebnahme der Anlage zu erbringen.
- Vor Inbetriebnahme der Anlage ist die betriebliche Dokumentation hinsichtlich der neuen Anlage zu ergänzen. Dies betrifft insbesondere die Ablauforganisation für den geordneten und gestörten Betrieb sowie die Instandhaltung und Prüfung der Anaerobanlage.
- Der Ablauf der Inbetriebnahme der Gasfackeln ist unter Einbeziehung eines Alarmierungssystems in der betrieblichen Dokumentation darzustellen. Hierdurch soll erreicht werden, dass die Organisation zur Inbetriebnahme den Erfordernissen aus dem Leitfaden KAS-28 angepasst ist.

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Lehman
(§ 29a BImSchG-Sachverständiger)

M. Eng. Gerwin Gold

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

Anhang I
Protokolle Ausbreitungsberechnungen ProNuSs

S:\M\PROJ\156\M156008\M156008_01_BER_1D.DOCX:19. 05. 2022

MÜLLER-BBM

Prüfung des Sicherheitskonzeptes der Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage (Anaerobanlage) bezüglich sicherheitstechnischer Aspekte

Anlage zum Bericht Nr. M156008/01

Betreiber: MM Gernsbach GmbH

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Steffen Lehmann

Inhaltsverzeichnis

1	Ausbreitung Schwefeldioxid, Verbrennung Biogas an der Notgasfackel	3
1.1	Stoffdaten	4
1.2	VDI 3783 Blatt 1	5
2	Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt von unverbranntem Biogas an der Notgasfackel	8
2.1	Stoffdaten	9
2.2	VDI 3783 Blatt 1	10
3	Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt Biogas aus dem Überdruckventil des Gasspeichers	13
3.1	Stoffdaten	14
3.2	VDI 3783 Blatt 1	15
4	Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers	18
4.1	Stoffdaten	19
4.2	Gasexplosion im Freien	20
4.3	Abbrand einer Gaswolke	21
5	Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors	24
5.1	Stoffdaten	25
5.2	Gasexplosion im Freien	26
5.3	Abbrand einer Gaswolke	27

Ausbreitung Schwefeldioxid, Verbrennung Biogas an der Notgasfackel

Beschreibung:	Verbrennung Biogas mit 10.000 ppm Schwefelwasserstoff, bei Austrittstemperatur Notgasfackel von 600 °C und Durchsatzleistung von 350 Nm³/h

Stoffdaten

Ausbreitung Schwefeldioxid, Verbrennung Biogas an der Notgasfackel

Stoff und Betriebszustand

Stoffname: Schwefeldioxid

CAS-Nr.: 7446-09-5

Temperatur:	600,00	°C
Absolutdruck:	1,013	bar

Allgemeine Stoffdaten

Normdichte:	2,86	kg/m³
Molare Masse:	64,06	g/mol
Siedetemperatur:	-10	°C
Schmelztemperatur:	-73,2	°C
Verdampfungsenthalpie:	0	kJ/kgK
Realgasfaktor:	1	-
Isentropenexponent:	1,185	-
Unterer Heizwert:	0	MJ/kg
Oberflächenspannung:	0,0 · 10^-3	N/m

Stoffdaten Gasphase

Dichte:	0,89	kg/m³
Wärmekapazität:	0,8306	kJ/kgK
kin. Viskosität:	385,76 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	38,64 · 10^-3	W/m K

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefeldioxid, Verbrennung Biogas an der Notgasfackel

Vorgaben

Standortparameter

mittlere Windgeschwindigkeit:	3	m/s
Bebauungshöhe / Inversionshöhe:	18	m

Bodenrauhigkeit: sehr rau

Quellgeometrie

Höhe:	0	m
Breite:	0	m
Tiefe:	0	m
Freisetzungshöhe:	13,6000003814697	m
Freistrahllänge:	0	m

Emissionsverlauf

Freigesetzter Massenstrom in kg/s	Zeitdauer in s
0,00260200002230704	1800

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefeldioxid, Verbrennung Biogas an der Notgasfackel

Ergebnisse

mittlere Ausbreitungssituation

x	y	z	c	c	Dosis	W
in m	in m	in m	in mg/m³	in ppm	in mg s / m³	-
10,00	0,00	2,00	6,51E-02	2,40E-02	1,08E+02	0,00
20,00	0,00	2,00	4,13E-01	1,53E-01	7,36E+02	0,00
30,00	0,00	2,00	8,06E-01	2,98E-01	1,44E+03	0,00
40,00	0,00	2,00	1,04E+00	3,82E-01	1,71E+03	0,00
50,00	0,00	2,00	9,36E-01	3,46E-01	1,67E+03	0,00
60,00	0,00	2,00	8,43E-01	3,11E-01	1,50E+03	0,00
70,00	0,00	2,00	7,34E-01	2,71E-01	1,32E+03	0,00
80,00	0,00	2,00	6,33E-01	2,34E-01	1,14E+03	0,00
90,00	0,00	2,00	5,46E-01	2,02E-01	9,82E+02	0,00
100,00	0,00	2,00	4,74E-01	1,75E-01	8,54E+02	0,00
110,00	0,00	2,00	4,16E-01	1,54E-01	7,49E+02	0,00
120,00	0,00	2,00	3,69E-01	1,36E-01	6,64E+02	0,00
130,00	0,00	2,00	3,29E-01	1,22E-01	5,87E+02	0,00
140,00	0,00	2,00	2,96E-01	1,09E-01	5,33E+02	0,00
145,00	0,00	2,00	2,81E-01	1,04E-01	5,06E+02	0,00
150,00	0,00	2,00	2,67E-01	9,87E-02	4,81E+02	0,00
155,00	0,00	2,00	2,54E-01	9,39E-02	4,58E+02	0,00
160,00	0,00	2,00	2,56E-01	9,44E-02	4,37E+02	0,00
165,00	0,00	2,00	2,31E-01	8,54E-02	4,16E+02	0,00
170,00	0,00	2,00	2,21E-01	8,15E-02	3,95E+02	0,00
175,00	0,00	2,00	2,18E-01	8,05E-02	3,80E+02	0,00
180,00	0,00	2,00	2,07E-01	7,64E-02	3,63E+02	0,00
185,00	0,00	2,00	1,93E-01	7,14E-02	3,48E+02	0,00
190,00	0,00	2,00	1,88E-01	6,94E-02	3,34E+02	0,00
195,00	0,00	2,00	1,79E-01	6,62E-02	3,20E+02	0,00
200,00	0,00	2,00	1,71E-01	6,30E-02	3,07E+02	0,00

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefeldioxid, Verbrennung Biogas an der Notgasfackel

ungünstige Ausbreitungssituation

x	y	z	c	c	Dosis	W
in m	in m	in m	in mg/m³	in ppm	in mg s / m³	-
10,00	0,00	2,00	4,91E-01	1,81E-01	8,71E+02	0,00
20,00	0,00	2,00	1,56E+00	5,75E-01	2,80E+03	0,00
30,00	0,00	2,00	2,31E+00	8,52E-01	4,15E+03	0,00
40,00	0,00	2,00	2,65E+00	9,79E-01	4,77E+03	0,00
50,00	0,00	2,00	2,83E+00	1,04E+00	5,09E+03	0,00
60,00	0,00	2,00	2,91E+00	1,08E+00	4,99E+03	0,00
70,00	0,00	2,00	2,97E+00	1,10E+00	5,08E+03	0,00
80,00	0,00	2,00	2,79E+00	1,03E+00	5,02E+03	0,00
90,00	0,00	2,00	2,70E+00	9,96E-01	4,82E+03	0,00
100,00	0,00	2,00	2,59E+00	9,55E-01	4,63E+03	0,00
110,00	0,00	2,00	2,48E+00	9,14E-01	4,45E+03	0,00
120,00	0,00	2,00	2,38E+00	8,77E-01	4,26E+03	0,00
130,00	0,00	2,00	2,27E+00	8,36E-01	4,08E+03	0,00
140,00	0,00	2,00	2,16E+00	7,99E-01	3,89E+03	0,00
145,00	0,00	2,00	2,11E+00	7,81E-01	3,81E+03	0,00
150,00	0,00	2,00	2,07E+00	7,63E-01	3,72E+03	0,00
155,00	0,00	2,00	2,02E+00	7,46E-01	3,64E+03	0,00
160,00	0,00	2,00	1,98E+00	7,30E-01	3,56E+03	0,00
165,00	0,00	2,00	1,93E+00	7,14E-01	3,48E+03	0,00
170,00	0,00	2,00	1,89E+00	6,99E-01	3,40E+03	0,00
175,00	0,00	2,00	1,85E+00	6,84E-01	3,33E+03	0,00
180,00	0,00	2,00	1,81E+00	6,70E-01	3,26E+03	0,00
185,00	0,00	2,00	1,78E+00	6,56E-01	3,20E+03	0,00
190,00	0,00	2,00	1,74E+00	6,43E-01	3,13E+03	0,00
195,00	0,00	2,00	1,71E+00	6,31E-01	3,07E+03	0,00
200,00	0,00	2,00	1,68E+00	6,19E-01	3,01E+03	0,00

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt von unverbranntem Biogas an der Notgasfackel

Beschreibung:	Austritt Biogas mit 10.000 ppm Schwefelwasserstoff vor der Zündung der Notgasfackel mit Durchsatzleistung von 350 Nm³/h

Stoffdaten

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt von unverbranntem Biogas an der Notgasfackel

Stoff und Betriebszustand

Stoffname: Schwefelwasserstoff

CAS-Nr.: 7783-06-4

Temperatur:	35,00	°C
Absolutdruck:	25,5636	bar

Allgemeine Stoffdaten

Normdichte:	1,52	kg/m³
Molare Masse:	34,08	g/mol
Siedetemperatur:	-60,2	°C
Schmelztemperatur:	-85,5	°C
Verdampfungsenthalpie:	392,98	kJ/kgK
Realgasfaktor:	0,784	-
Isentropenexponent:	1,167	-
Unterer Heizwert:	23,7	MJ/kg
Oberflächenspannung:	7,71 · 10^-3	N/m

Stoffdaten Gasphase

Dichte:	43,37	kg/m³
Wärmekapazität:	1,7008	kJ/kgK
kin. Viskosität:	3,0 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	15,18 · 10^-3	W/m K

Stoffdaten Flüssigphase

Dichte:	753,68	kg/m³
Wärmekapazität:	2,2459	kJ/kgK
kin. Viskosität:	1,47 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	119,44 · 10^-3	W/m K

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt von unverbranntem Biogas an der Notgasfackel

Vorgaben

Standortparameter

mittlere Windgeschwindigkeit:	3	m/s
Bebauungshöhe / Inversionshöhe:	18	m

Bodenrauhigkeit: sehr rau

Quellgeometrie

Höhe:	0	m
Breite:	0	m
Tiefe:	0	m
Freisetzungshöhe:	13,6000003814697	m
Freistrahllänge:	0	m

Emissionsverlauf

Freigesetzter Massenstrom in kg/s	Zeitdauer in s
0,00138499995227903	60

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt von unverbranntem Biogas an der Notgasfackel

Ergebnisse

mittlere Ausbreitungssituation

x	y	z	c	c	Dosis	W
in m	in m	in m	in mg/m³	in ppm	in mg s / m³	-
10,00	0,00	2,00	3,23E-02	2,24E-02	1,92E+00	0,00
20,00	0,00	2,00	2,20E-01	1,53E-01	1,31E+01	0,00
30,00	0,00	2,00	4,29E-01	2,98E-01	2,56E+01	0,00
40,00	0,00	2,00	5,10E-01	3,54E-01	3,05E+01	0,00
50,00	0,00	2,00	4,98E-01	3,46E-01	2,97E+01	0,00
60,00	0,00	2,00	4,48E-01	3,11E-01	2,68E+01	0,00
70,00	0,00	2,00	3,90E-01	2,71E-01	2,33E+01	0,00
80,00	0,00	2,00	3,36E-01	2,33E-01	2,01E+01	0,00
90,00	0,00	2,00	2,89E-01	2,01E-01	1,73E+01	0,00
100,00	0,00	2,00	2,51E-01	1,74E-01	1,50E+01	0,00
110,00	0,00	2,00	2,19E-01	1,52E-01	1,32E+01	0,00
120,00	0,00	2,00	1,93E-01	1,34E-01	1,17E+01	0,00
130,00	0,00	2,00	1,72E-01	1,19E-01	1,04E+01	0,00
140,00	0,00	2,00	1,53E-01	1,06E-01	9,29E+00	0,00
150,00	0,00	2,00	1,38E-01	9,55E-02	8,36E+00	0,00
160,00	0,00	2,00	1,24E-01	8,59E-02	7,55E+00	0,00
170,00	0,00	2,00	1,12E-01	7,75E-02	6,85E+00	0,00
180,00	0,00	2,00	1,01E-01	7,02E-02	6,23E+00	0,00
190,00	0,00	2,00	9,18E-02	6,37E-02	5,68E+00	0,00
200,00	0,00	2,00	8,36E-02	5,80E-02	5,19E+00	0,00

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt von unverbranntem Biogas an der Notgasfackel

ungünstige Ausbreitungssituation

x	y	z	c	c	Dosis	W
in m	in m	in m	in mg/m³	in ppm	in mg s / m³	-
10,00	0,00	2,00	2,37E-01	1,65E-01	1,43E+01	0,00
20,00	0,00	2,00	7,84E-01	5,44E-01	4,74E+01	0,00
30,00	0,00	2,00	1,15E+00	8,00E-01	7,02E+01	0,00
40,00	0,00	2,00	1,37E+00	9,52E-01	8,30E+01	0,00
50,00	0,00	2,00	1,44E+00	9,98E-01	8,77E+01	0,00
60,00	0,00	2,00	1,43E+00	9,90E-01	8,60E+01	0,00
70,00	0,00	2,00	1,46E+00	1,01E+00	8,83E+01	0,00
80,00	0,00	2,00	1,41E+00	9,82E-01	8,66E+01	0,00
90,00	0,00	2,00	1,34E+00	9,29E-01	8,26E+01	0,00
100,00	0,00	2,00	1,25E+00	8,68E-01	7,76E+01	0,00
110,00	0,00	2,00	1,17E+00	8,09E-01	7,27E+01	0,00
120,00	0,00	2,00	1,08E+00	7,51E-01	6,95E+01	0,00
130,00	0,00	2,00	1,00E+00	6,97E-01	6,46E+01	0,00
140,00	0,00	2,00	9,31E-01	6,46E-01	5,96E+01	0,00
150,00	0,00	2,00	8,63E-01	5,99E-01	6,58E+01	0,00
160,00	0,00	2,00	8,01E-01	5,56E-01	6,29E+01	0,00
170,00	0,00	2,00	7,45E-01	5,17E-01	5,98E+01	0,00
180,00	0,00	2,00	6,94E-01	4,82E-01	5,74E+01	0,00
190,00	0,00	2,00	6,48E-01	4,50E-01	5,51E+01	0,00
200,00	0,00	2,00	6,06E-01	4,21E-01	5,30E+01	0,00

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt Biogas aus dem Überdruckventil des Gasspeichers

Beschreibung:	Austritt Biogas mit 10.000 ppm Schwefelwasserstoff aus dem Überdruckventil des Gasspeichers wegen fehlender Biogasabnahme und Ausfall der Entschwefelung (Gasspeicher abdeckend, wegen größtem Gasvolumen und kleinster Austrittshöhe)

Stoffdaten

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt Biogas aus dem Überdruckventil des Gasspeichers

Stoff und Betriebszustand

Stoffname: Schwefelwasserstoff

CAS-Nr.: 7783-06-4

Temperatur:	35,00	°C
Absolutdruck:	25,5636	bar

Allgemeine Stoffdaten

Normdichte:	1,52	kg/m³
Molare Masse:	34,08	g/mol
Siedetemperatur:	-60,2	°C
Schmelztemperatur:	-85,5	°C
Verdampfungsenthalpie:	392,98	kJ/kgK
Realgasfaktor:	0,784	-
Isentropenexponent:	1,167	-
Unterer Heizwert:	23,7	MJ/kg
Oberflächenspannung:	7,71 · 10^-3	N/m

Stoffdaten Gasphase

Dichte:	43,37	kg/m³
Wärmekapazität:	1,7008	kJ/kgK
kin. Viskosität:	3,0 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	15,18 · 10^-3	W/m K

Stoffdaten Flüssigphase

Dichte:	753,68	kg/m³
Wärmekapazität:	2,2459	kJ/kgK
kin. Viskosität:	1,47 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	119,44 · 10^-3	W/m K

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt Biogas aus dem Überdruckventil des Gasspeichers

Vorgaben

Standortparameter

mittlere Windgeschwindigkeit:	3	m/s
Bebauungshöhe / Inversionshöhe:	18	m

Bodenrauhigkeit: sehr rau

Quellgeometrie

Höhe:	0	m
Breite:	0	m
Tiefe:	0	m
Freisetzungshöhe:	23,2999992370605	m
Freistrahllänge:	0	m

Emissionsverlauf

Freigesetzter Massenstrom in kg/s	Zeitdauer in s
0,00151800003368407	1800

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt Biogas aus dem Überdruckventil des Gasspeichers

Ergebnisse

mittlere Ausbreitungssituation

x	y	z	c	c	Dosis	W
in m	in m	in m	in mg/m³	in ppm	in mg s / m³	-
10,00	0,00	2,00	6,59E-04	4,57E-04	1,16E+00	0,00
20,00	0,00	2,00	5,64E-03	3,91E-03	9,43E+00	0,00
30,00	0,00	2,00	2,50E-02	1,73E-02	4,16E+01	0,00
40,00	0,00	2,00	5,75E-02	3,99E-02	1,02E+02	0,00
50,00	0,00	2,00	1,00E-01	6,97E-02	1,72E+02	0,00
60,00	0,00	2,00	1,30E-01	9,03E-02	2,28E+02	0,00
70,00	0,00	2,00	1,47E-01	1,02E-01	2,62E+02	0,00
80,00	0,00	2,00	1,56E-01	1,08E-01	2,77E+02	0,00
90,00	0,00	2,00	1,58E-01	1,10E-01	2,79E+02	0,00
100,00	0,00	2,00	1,54E-01	1,07E-01	2,73E+02	0,00
110,00	0,00	2,00	1,47E-01	1,02E-01	2,62E+02	0,00
120,00	0,00	2,00	1,40E-01	9,74E-02	2,49E+02	0,00
130,00	0,00	2,00	1,33E-01	9,20E-02	2,36E+02	0,00
140,00	0,00	2,00	1,25E-01	8,66E-02	2,22E+02	0,00
150,00	0,00	2,00	1,17E-01	8,12E-02	2,10E+02	0,00
160,00	0,00	2,00	1,10E-01	7,60E-02	1,97E+02	0,00
170,00	0,00	2,00	1,02E-01	7,11E-02	1,84E+02	0,00
180,00	0,00	2,00	9,59E-02	6,65E-02	1,73E+02	0,00
190,00	0,00	2,00	8,97E-02	6,23E-02	1,62E+02	0,00
200,00	0,00	2,00	8,41E-02	5,84E-02	1,51E+02	0,00

VDI 3783 Blatt 1

Ausbreitung Schwefelwasserstoff, Austritt Biogas aus dem Überdruckventil des Gasspeichers

ungünstige Ausbreitungssituation

x	y	z	c	c	Dosis	W
in m	in m	in m	in mg/m³	in ppm	in mg s / m³	-
10,00	0,00	2,00	3,51E-02	2,44E-02	6,30E+01	0,00
20,00	0,00	2,00	1,23E-01	8,56E-02	2,21E+02	0,00
30,00	0,00	2,00	2,99E-01	2,08E-01	5,34E+02	0,00
40,00	0,00	2,00	5,12E-01	3,55E-01	9,20E+02	0,00
50,00	0,00	2,00	6,87E-01	4,76E-01	1,23E+03	0,00
60,00	0,00	2,00	7,91E-01	5,49E-01	1,42E+03	0,00
70,00	0,00	2,00	8,61E-01	5,98E-01	1,55E+03	0,00
80,00	0,00	2,00	9,39E-01	6,52E-01	1,69E+03	0,00
90,00	0,00	2,00	9,67E-01	6,71E-01	1,74E+03	0,00
100,00	0,00	2,00	9,64E-01	6,69E-01	1,73E+03	0,00
110,00	0,00	2,00	9,43E-01	6,54E-01	1,69E+03	0,00
120,00	0,00	2,00	9,67E-01	6,71E-01	1,74E+03	0,00
130,00	0,00	2,00	9,82E-01	6,82E-01	1,77E+03	0,00
140,00	0,00	2,00	9,83E-01	6,82E-01	1,77E+03	0,00
150,00	0,00	2,00	9,75E-01	6,77E-01	1,75E+03	0,00
160,00	0,00	2,00	9,60E-01	6,66E-01	1,73E+03	0,00
170,00	0,00	2,00	9,41E-01	6,53E-01	1,69E+03	0,00
180,00	0,00	2,00	9,20E-01	6,38E-01	1,65E+03	0,00
190,00	0,00	2,00	8,97E-01	6,22E-01	1,61E+03	0,00
200,00	0,00	2,00	8,73E-01	6,06E-01	1,57E+03	0,00

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers

Beschreibung:	Austritt Biogas mit 10.000 ppm Schwefelwasserstoff aus dem Gasbalon des Gasspeichers, Zündung der Gaswolke mit Explosion und Abbrand (Gasspeicher abdeckend, wegen größtem Gasvolumen und kleinster Höhe)

Stoffdaten

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers

Stoff und Betriebszustand

Stoffname: Methan

CAS-Nr.: 74-82-8

Temperatur:	35,00	°C
Absolutdruck:	1,016	bar

Allgemeine Stoffdaten

Normdichte:	0,72	kg/m³
Molare Masse:	16,04	g/mol
Siedetemperatur:	-161,45	°C
Schmelztemperatur:	-182,45	°C
Verdampfungsenthalpie:	0	kJ/kgK
Realgasfaktor:	0,998	-
Isentropenexponent:	1,298	-
Unterer Heizwert:	50,31	MJ/kg
Oberflächenspannung:	0,0 · 10^-3	N/m

Stoffdaten Gasphase

Dichte:	0,64	kg/m³
Wärmekapazität:	2,2581	kJ/kgK
kin. Viskosität:	180,61 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	35,36 · 10^-3	W/m K

Gasexplosion im Freien

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers

Vorgaben

Modell: Multi-Energy Modell

Relexion an Gebäuden: wird nicht berücksichtigt

Explosionsfähige Masse:	107,5	kg
Wolkendurchmesser (UZD):	7,6	m
Kategorie:	5	-

Ergebnisse

Abstand in m	Überdruck in bar
4,8	0,203
19,4	0,203
40,3	0,126
70,0	0,069
112,3	0,042
172,7	0,027
258,9	0,018
381,7	0,012
556,7	0,008
806,3	0,006

Abbrand einer Gaswolke

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers

Vorgaben

Abbrand einer Gaswolke über Erdgleiche

Gaswolkenlänge:	7,6	m
Gaswolkendurchmesser:	5	m
Höhe der Mittellinie der Gaswolke:	9	m
Strahlungsintensität:	100	kW/m²
Emissionsverhältnis des Strahlers:	0,9	-
Emissionsverhältnis des Empfängers:	0,9	-
Höhe (Mittelpunkt) des Empfängers über dem Erdboden:	1	m

Umgebungsbedingungen

Umgebungstemperatur:	20	°C
relative Luftfeuchte:	75	%
Sonnenstrahlung wird addiert:	1	kW/m²

Wärmeabsorbtion der Luft wird berücksichtigt

Abbrand einer Gaswolke

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers

Ergebnisse

Bestrahlungsstärke in Luv

Abstand zum Freisetzungsort in m	Bestrahlungsstärke in kW/m²
7,0	15,57
13,6	7,76
21,3	4,29
30,2	2,72
40,4	1,96
52,3	1,56
66,1	1,34
82,0	1,22
100,5	1,14
121,8	1,09

Bestrahlungsstärke Quer zur Windrichtung

Abstand zur Fahnenachse in m	Strahlungsintensität in kW/m²
6,5	28,08
13,1	11,04
20,8	5,17
29,7	2,99
39,9	2,05
51,8	1,60
65,6	1,36
81,5	1,22
100,0	1,14
121,3	1,09

Abbrand einer Gaswolke

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Inneren des Gasspeichers

Bestrahlungsstärke in Lee

Abstand zum Freisetzungsort in m	Bestrahlungsstärke in kW/m²
3,0	51,76
12,1	19,62
23,1	6,38
36,4	2,83
48,3	1,92
62,1	1,51
78,0	1,29
96,5	1,18
117,8	1,11
142,5	1,07

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors

Beschreibung:	Zündung der Biogaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors mit Explosion und Abbrand

Stoffdaten

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors

Stoff und Betriebszustand

Stoffname: Methan

CAS-Nr.: 74-82-8

Temperatur:	35,00	°C
Absolutdruck:	1,016	bar

Allgemeine Stoffdaten

Normdichte:	0,72	kg/m³
Molare Masse:	16,04	g/mol
Siedetemperatur:	-161,45	°C
Schmelztemperatur:	-182,45	°C
Verdampfungsenthalpie:	0	kJ/kgK
Realgasfaktor:	0,998	-
Isentropenexponent:	1,298	-
Unterer Heizwert:	50,31	MJ/kg
Oberflächenspannung:	0,0 · 10^-3	N/m

Stoffdaten Gasphase

Dichte:	0,64	kg/m³
Wärmekapazität:	2,2581	kJ/kgK
kin. Viskosität:	180,61 · 10^-7	m²/s
Wärmeleitfähigkeit:	35,36 · 10^-3	W/m K

Gasexplosion im Freien

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors

Vorgaben

Modell: Multi-Energy Modell

Relexion an Gebäuden: wird nicht berücksichtigt

Explosionsfähige Masse:	90,8	kg
Wolkendurchmesser (UZD):	8	m
Kategorie:	5	-

Ergebnisse

Abstand in m	Überdruck in bar
5,0	0,203
19,6	0,203
40,5	0,119
70,2	0,065
112,5	0,040
172,9	0,026
259,1	0,017
381,9	0,011
556,9	0,008
806,5	0,005

Abbrand einer Gaswolke

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors

Vorgaben

Abbrand einer Gaswolke über Erdgleiche

Gaswolkenlänge:	8	m
Gaswolkendurchmesser:	4,5	m
Höhe der Mittellinie der Gaswolke:	21,8	m
Strahlungsintensität:	100	kW/m²
Emissionsverhältnis des Strahlers:	0,9	-
Emissionsverhältnis des Empfängers:	0,9	-
Höhe (Mittelpunkt) des Empfängers über dem Erdboden:	1	m

Umgebungsbedingungen

Umgebungstemperatur:	20	°C
relative Luftfeuchte:	75	%
Sonnenstrahlung wird addiert:	1	kW/m²

Wärmeabsorbtion der Luft wird berücksichtigt

Abbrand einer Gaswolke

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors

Ergebnisse

Bestrahlungsstärke in Luv

Abstand zum Freisetzungsort in m	Bestrahlungsstärke in kW/m²
7,0	5,10
13,6	3,98
21,3	2,97
30,2	2,24
40,4	1,76
52,3	1,47
66,1	1,29
82,0	1,19
100,5	1,12
121,8	1,08

Bestrahlungsstärke Quer zur Windrichtung

Abstand zur Fahnenachse in m	Strahlungsintensität in kW/m²
6,3	5,51
12,9	4,29
20,5	3,15
29,4	2,32
39,7	1,81
51,6	1,50
65,3	1,31
81,3	1,20
99,7	1,13
121,1	1,08

Abbrand einer Gaswolke

Freisetzung von Biogas und Bildung einer Gaswolke im Gasraum des Anaerobreaktors

Bestrahlungsstärke in Lee

Abstand zum Freisetzungsort in m	Bestrahlungsstärke in kW/m²
3,0	6,17
12,1	5,23
23,1	3,65
32,8	2,58
44,2	1,90
57,3	1,52
72,4	1,30
90,0	1,18
110,3	1,11
133,9	1,07