Auswirkungsanalyse

zur Ermittlung von angemessenen Abständen mittels Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen

Projekt:	Biogasanlage Hitzacker
Standort:	Gemarkung: Hitzacker Flur: 2 Flurstück: 89 Straße H-Nr.: Am Räsenberg 14 PLZ Ort: 29456 Hitzacker
Betreiber:	Naturenergie Hitzacker UG & Co KG Gut Hagen 1 29456 Hitzacker
Fachbehörde (BImSchG):	staatliches Gewerbeaufsichtsamt Lüneburg
Bearbeiter:	TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG Trelleborger Straße 15 18107 Rostock
Auftragsnummer:	8115798654
Sachverständiger:	[redacted]
Telefon:	
Fax:	
Email:	

Das vorliegende Dokument umfasst 47 Textseiten. Eine Vervielfältigung bedarf der Zustimmung des Auftraggebers (Betreiber) und der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG.

Rostock, 18.07.2018

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Einleitung 3

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung 3
1.2 Anlagenidentifikation 4

2 Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen 5

3 Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft 7

3.1 Schutzbedürftige Gebiete – Definition 7
3.2 Betrachtung der Örtlichen Lage 8
3.3 Stoffliche Gefahren 11
3.4 Anlagenbeschreibung im Hinblick auf mögliche Gefahrenpotentiale 15
3.5 Bildung von Störfall-Szenarien anhand der Anlagenausführung 17

4 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen 20

4.1 Vorgehen und Programmvorstellung 20
4.2 Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle 20
4.3 Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter 21

5 Berechnungen 28

5.1 Szenario1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen 28

5.1.1 Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1 30
5.1.2 Ergebnisse für toxische Gefährdungen im Szenario 1 32

5.2 Szenario 2: Zündung der Biogaswolke im Dennoch-Störfall 35

5.2.1 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2 39
5.2.2 Ergebnisse der Wärmestrahlungsauswirkungen durch Zündung der Biogaswolke im Szenario 2 41

6 Schlussfolgerungen 45

1 Einleitung

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Naturenergie Hitzacker UG & Co KG betreibt eine Biogasanlage zur Erzeugung und energetischen Verwertung von Biogas. Die betreffende Biogasanlage wird im vorliegenden Dokument als Biogasanlage Hitzacker benannt.
Es ist geplant die Baugrenzen innerhalb des benachbarten Bebauungsplanes Hitzacker Süd zu ändern. Im Zuge dessen soll die Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes mittels rechnerischer Verfahren, ausgehend der Biogasanlage Hitzacker erfolgen.
Durch die vorliegende Abstandsermittlung ist es möglich Angaben zu den Auswirkungen zu machen, welche sich aus größeren Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes bzw. Störfällen ergeben können. Es kann somit die Fragestellung beantwortet werden, ob ein schutzbedürftiges Objekt aufgrund der Auswirkungen von Störungsfällen und Dennoch-Störfällen in der Biogasanlage Hitzacker negativ beeinflusst werden.

Die TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG, Geschäftsstelle Rostock, nachfolgend TÜV NORD genannt, wurde durch die Stadt Hitzacker (Elbe) mit der rechnerischen Abstandsermittlung durch einen nach §29b Bundes-Immissionsschutzgesetz bekanntgegebenen Sachverständigen beauftragt.
Als Grundlage für die Betrachtung dienen die Leitfäden KAS 18 /7/ und KAS 32 /8/ der Kommission für Anlagensicherheit. Diese geben Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung des § 50 BImSchG.

Durch die beauftragten Untersuchungen können Detailkenntnisse über Entfernungen gewonnen werden, in welchen nicht mehr mit einer Gefährdung bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs zu rechnen ist.[1] Die im Leitfaden KAS 18, Abs. 3.1 empfohlenen Entfernungsangaben[2] können somit eingehalten bzw. wenn das untersuchte Gefährdungspotential der Biogasanlage Hitzacker es zulässt, unterschritten werden.

[1] Sog. angemessener Abstand
[2] Sog. Achtungsabstände

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

1.2 Anlagenidentifikation

Die Biogasanlage Hitzacker befindet sich am Standort

Gemarkung:	Hitzacker
Flur:	2
Flurstück:	89
Straße H-Nr.:	Am Räsenberg 14
PLZ Ort:	29456 Hitzacker

In der Biogasanlage Hitzacker wird Biogas erzeugt und in großen Mengen gelagert. Dieser Stoff bestimmt im Wesentlichen das Störfallpotential der Anlage. Biogas ist als entzündbares Gas mit dem Merkmal H220 einzustufen und ist daher gemäß Stoffliste im Anhang I der 12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (12. BImSchV/Störfallverordnung) der Stoffgruppe 1.2.2 zuzuordnen.
Für diese Stoffgruppe sind in der Stoffliste im Anhang I der 12. BImSchV die Mengenschwellen von 10.000 kg in der Spalte 4 und 50.000 kg in der Spalte 5 definiert.
Im Sinne des Störfallrechtes wird die maximal mögliche Biogasmenge in der Biogasanlage Hitzacker betrachtet. Diese liegt oberhalb der Mengenschwelle von 10.000 kg (Spalte 4) und unterhalb der Mengenschwelle von 50.000 kg (Spalte 5) im Anhang I der Störfallverordnung. Somit ist die Biogasanlage Hitzacker als ein Betriebsbereich der unteren Klasse gemäß §2 Abs. 1 der Störfallverordnung anzusehen und unterliegt damit den Pflichten der §§ 3-8 der Störfallverordnung.

Zudem ist gemäß Definition §3, Abs. 5a Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) der gesamte unter der Aufsicht eines Betreibers stehende Bereich in welchem gefährliche Stoffe (hier: Biogas) gelagert oder gehandhabt werden, als ein Betriebsbereich gemäß §3, Abs. 5a BImSchG zu betrachten.

2 Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen

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

/1/ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) mit Verordnungen (BImSchV)

/2/ 12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (12.BImSchV) – Störfall-Verordnung

/3/ VDI 3783 Blatt 1 – Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen – Sicherheitsanalyse

/4/ VDI 3945 Blatt 3 - Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell

/5/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes–Immissionsschutzgesetz; Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft ; 2002

/6/ TNO – Yellow Book

/7/ Leitfaden KAS 18 (ersetzt SFK/TAA – GS – 1) - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG; 11/2010

/8/ Leitfaden KAS 32 – Arbeitshilfe - Szenarienspezifische Fragestellungen zum Leitfaden KAS-18; 2. Fassung 11/2015

/9/ Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung; März 2004; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Als Grundlage der Abstandsbetrachtung und der dazu gehörigen Berechnung standen den Sachverständigen folgende Unterlagen und Informationen zur Verfügung:

/U1/ Lageplan - Biogasanlage Hitzacker; M 1:500; Ersteller: Struck+Morgenstern GbR; Zeich.-Nr.: L-1; Stand: 15.03.2016

/U2/ Konzept zur Verhinderung von Störfällen – BGA Hitzacker; Ersteller: Hr. Heckenkamp; Revision 02; Stand: 06.07.2017; 22 Seiten

/U3/ Gasmengenberechnung - Biogasanlage Hitzacker; per Mail am 31.05.2018

/U4/ Messprotokoll Gaswerte; Zeitraum 25.05.2018 bis 26.06.2018; Fermenter Biogasanlage Hitzacker

Weitere Informationen wurden per E-Mail-Verkehr übermittelt.

Weiterhin wurden folgende Informationsquellen herangezogen:

/I1/ GESTIS Stoffdatenbank (Stand 04.12.2013)
(http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp)

/I2/ Sicherheitsdatenblatt Biogas und
Information BIOGAS der BG Chemie vom 11.12.2008

/I3/ ProNuSs 9 (Version 9) – Programmbeschreibung

3 Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft

3.1 Schutzbedürftige Gebiete – Definition

Die Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft erfordert vorwegnehmend eine Identifizierung und Definition von möglichen Schutzzielen in der Umgebung. Auftragsgemäß sollen mögliche Auswirkungen auf schutzbedürftige Gebiete entsprechend §50 BImSchG untersucht und beurteilt werden.
Die textliche Fassung des §50 BImSchG erläutert nicht eindeutig was als schutzbedürftiges Gebiet zu bewerten ist. Daher wird im Folgenden die ergänzende Definition des Leitfadens KAS18 /7/, welcher zur Umsetzung § 50 BImSchG heranzuziehen ist, angewendet:

Quelle: KAS 18, Abs. 2.1.2:

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

a) *Baugebiete i. S. d. BauNVO, mit dauerhaftem Aufenthalt von Menschen, wie Reine Wohngebiet (WR), Allgemeine Wohngebiete (WA), Besondere Wohngebiete (WB), Dorfgebiete (MD), Mischgebiete (MI) und Kerngebiete (MK), Sondergebiete (SO), sofern der Wohnanteil oder die öffentliche Nutzung überwiegt, wie z. B. Campingplätze, Gebiete für großflächigen Einzelhandel, Messen, Schulen/Hochschulen, Kliniken.*
b) *Gebäude oder Anlagen zum nicht nur dauerhaften Aufenthalt von Menschen oder sensible Einrichtungen, wie*
    - *Anlagen für soziale, kirchliche, kulturelle, sportliche und gesundheitliche Zwecke, wie z. B. Schulen, Kindergärten, Altenheime, Krankenhäuser,*
    - *öffentlich genutzte Gebäude und Anlagen mit Publikumsverkehr, z. B. Einkaufszentren, Hotels, Parkanlagen. Hierzu gehören auch Verwaltungsgebäude, wenn diese nicht nur gelegentlich Besucher (z. B. Geschäftspartner) empfangen, die der Obhut der zu besuchenden Person*

in der Weise zuzuordnen sind, dass sie von dieser Person im Alarmierungsfall hinsichtlich ihres richtigen Verhaltens angehalten werden können.

c) *Wichtige Verkehrswege z. B. Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen, ICE-Trassen. Was wichtige Verkehrswege sind, hängt letztendlich von deren Frequentierung ab. Orientierungswerte zur Einstufung von Verkehrswegen finden sich in Ref. Nr. B 18 der „Fragen und Antworten zur Richtlinie 96/82/EG (Seveso-II-Richtlinie).. Sie dienen als Orientierungshilfe zur Auslegung der Richtlinie zur Beherrschung der Gefahren bei Unfällen mit gefährlichen Stoffen. Sie sind jedoch nicht verpflichtend und schließen eine andere vernünftige Auslegung nicht aus*

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

3.2 Betrachtung der Örtlichen Lage

Zur Untersuchung möglicher Einwirkungen auf die Nachbarschaft, sind zunächst eine Betrachtung der näheren Umgebung, sowie die Identifizierung möglicher Schutzziele notwendig. Die Definition der Schutzziele richtet sich dabei nach dem Leitfaden KAS18, Abs. 2.1.2.

Anmerkung:
Alle erwähnten Abstandsangaben beziehen sich auf den äußeren Radius des nächstgelegenen Gasbehälters/Fermenters zum jeweiligen Objekt/Gebäude.

Abstandsbetrachtungen zu außerbetrieblichen Gebäuden/Objekten
Der Standort der Biogasanlage Hitzacker befindet sich in einem gewerblich genutzten Außenbereich im südwestlichen Randbereich der Ortschafft Hitzacker, deren Ortskern nach ca. 900 m nordöstlicher Richtung erreicht wird.
Zu den ersten, als schutzbedürftig im Sinne des §50 BImSchG einzustufenden Wohnbebauungen sind Einfamilienhäuser beginnend nach 380 m südöstlicher Richtung, so-

wie 260 m nordöstlicher Richtung zu benennen. Diese schutzbedürftigen Wohnbebauungen sind der Ortschafft Hitzacker zugehörig. Dahinterliegend erstrecken sich weitere der Ortschaft Hitzacker zugehörige, zu Wohnzwecken genutzte Objekte in gleicher Richtung. Nennenswert ist ein öffentlicher Sportplatz mit gemeinschafträumen, welche nach ca. 90 m nördlicher Richtung erreicht werden. In gleicher Richtung ist das Gelände einer freien Schule beginnend nach ca. 300 m anzufinden.
Nach ca. 130 m südöstlicher Richtung wird das Mischgebiet im Bebauungsplan Hitzaker-Süd erreicht.

Abbildung 1: Satellitenbild vom Anlagenstandort /Quelle: Google Maps 2018/

In näherer Nachbarschaft der Biogasanlage schließen sich gewerbliche Gelände und Bebauungen im näheren und mittleren Umfeld an. Die dichteste Entfernung zum nächstgelegenen gewerblichen Objekt beträgt ca. 60 m in östlicher Richtung. Dieses sowie die weiteren gewerblichen Objekte im Umfeld der Biogasanlage sind nicht als schutzbedürftig im Sinne des §50 BImSchG einzustufen, da diese nicht dem dauerhaften Aufenthalt von Menschen dienen bzw. nicht als sensible Einrichtungen einzustufen sind. Ein erhöhter Publikumsverkehr ist ebenfalls nicht zu erwarten.

Bis auf die genannten Objekte ist das Anlagengelände insbesondere im südlichen- bis westlichen Umfeld überwiegend von ebenen landwirtschaftlich genutzten Nutzflächen umgeben.

Als nächst gelegenes Schutzziel mit der geringsten Entfernung zu einem sicherheitsrelevanten Anlagenteil, das bereits erwähnte

- Mischgebiet im Bebauungsplan Hitzaker-Süd in ca. 130 m Richtung Nordosten (SO)

identifiziert.

.

Abstandsbetrachtungen zu Verkehrsflächen

Im mittleren und weiteren Umfeld sind nur Ortsstraßen und vereinzelte Feld- und Landwirtschaftswege anzufinden. Verkehrswege mit größerer Fluktuation sind nicht vorhanden.

3.3 Stoffliche Gefahren

Aufgrund der Anlagencharakteristik der Biogasanlage Hitzacker ist insbesondere gasförmiges Biogas als störfallrelevanter Stoff auf dem Betriebsgelände einzustufen, welcher das Potential eines Störfalles beinhaltet und Auswirkungen auf die Nachbarschaft hervorrufen kann.

Stoffliche Risiken Biogas

Biogas ist ein wasserdampfgesättigtes Stoffgemisch, welches sich aus Methan und Kohlenstoffdioxid, sowie geringe Mengen an Schwefelwasserstoff und weiteren Spurengasen zusammensetzt. Störfallrelevant wirkt vor allem dessen Fähigkeit zur Bildung explosionsfähiger Gemische mit der Umgebungsluft. Biogas ist dem H-Satz 220 – extrem entzündbares Gas Kategorie 1 zuzuordnen und ist somit nach der Stoffliste Nr. 1.2.2 des Anhanges I der 12. BImSchV (Störfall-Verordnung) /2/ einzustufen. Darüber hinaus enthält es einen geringen Bestandteil an Schwefelwasserstoff, welches nach selbiger Stoffliste als akut toxisch einzustufen ist.
Insgesamt bestehen für Biogas somit explosionstechnische und toxische Gefahren.

Die Zusammensetzung von Biogas kann je nach Verfahrensprozess variieren. Angaben zur Zusammensetzung sind im Sicherheitsdatenblatt /I2/ enthalten. Biogas besteht demnach im Durchschnitt zu ca. 40 - 75 % aus Methan und ca. 20 - 50 % aus Kohlendioxid /I2/.[3]

Explosionsgefährdung

Störfallrelevant wirkt bei Biogas vor allem die Fähigkeit zur Bildung explosionsfähiger Gemische mit der Umgebungsluft. Hauptverantwortlich dafür ist der Bestandteil Methan (CH_4) dessen Explosionsgrenzen wie folgt definiert sind[4].

Stoffeigenschaften Methan als Bestandteil von Biogas

Explosionsgrenzen CH_4:	UEG (untere Explosionsgrenze)	4,4 Vol. %
	OEG (obere Explosionsgrenze)	17 Vol. %

[3] Diese Werte sind als Standardwerte einzustufen. Die auf der untersuchten Biogasanlage angenommen Werte können davon abweichen und sind in den Randbedingungen zur Berechnung explizit dargestellt.

[4] Explosionsgrenzen von Methan gemäß GESTIS-Stoffdatenbank; Stand: 04.12.2013

Methan ist folgenden Einstufungen zuzuordnen:

- R-Satz - R12 - Hochentzündlich
- H220: Extrem entzündbares Gas - nach CLP Richtlinie 1272/2008

Entsprechend einem zu erwartenden Methangehalt von ca. 55 Vol% und der Berechnungsmethode der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM), Abteilung 2, Fachgruppe „Gase, Gasanlagen“, können die Explosionsgrenzen für die in dieser Anlage vorliegende Biogaszusammensetzung wir folgt definiert werden:

$$UEG_{Biogas} = \left(1 + \frac{x_{CO2}}{x_{CH4}}\right) \cdot UEG_{CH4,CO2}$$

$$OEG_{Biogas} = \left(1 + \frac{x_{CO2}}{x_{CH4}}\right) \cdot OEG_{CH4,CO2}$$

Abbildung 2: Berechnung der Explosionsgrenzen nach BAM Abteilung 2, Fachgruppe „Gase, Gasanlagen“

Dabei entspricht der Wert für „$UEG_{CH4, CO2}$“ bzw. „$OEG_{CH4, CO2}$“ nicht der UEG/OEG von Methan in Luft, da der inerte Anteil des im Biogas enthaltenden Kohlendioxids berücksichtigt werden muss. Um diese Randbedingung zu berücksichtigen muss der Wert für „$UEG_{CH4, CO2}$“ bzw. „$OEG_{CH4, CO2}$“ für das vorliegende CH_4/CO_2 Verhältnis aus dem Explosionsdreieck für Methan abgelesen werden.
Dabei können die Werte für „$UEG_{CH4, CO2}$“ bzw. „$OEG_{CH4, CO2}$“ als Methananteile am Schnittpunkt mit der Explosionsbereichskurve abgelesen werden.

Folgende Werte sind für das vorliegende Verhältnis von 55% Methan und 45% Kohlendioxid aus dem Explosionsdreieck für Methan abgelesen worden:

$UEG_{CH4, CO2}$ = 4,6 %

$OEG_{CH4, CO2}$ = 12,2 %

Damit ergeben sich aus der Berechnung nach Abbildung 2 folgende Explosionsgrenzen für Biogas (55 Vol% CH_4):

UEG (untere Explosionsgrenze) 8,4 Vol. %

OEG (obere Explosionsgrenze) 22,2 Vol. %

Gemäß Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG erfolgt für Biogas die Einstufung als hochentzündliche Zubereitung.

Toxische Gefährdung

Zu den primären toxischen Komponenten im Biogas zählen Schwefelwasserstoff (H_2S) und in einem geringen Umfang Ammoniak (NH_3). Da Ammoniak im Vergleich zum Schwefelwasserstoff einen erheblich kleineren Anteil im Biogas ausmacht und ebenfalls geringere toxische Kennwerte aufweist wird in der Weiteren Betrachtung toxischer Gefahren nur noch Schwefelwasserstoff betrachtet und Ammoniak wird nicht weiter berücksichtigt.

Dem kritischen Bestandteil im Biogas Schwefelwasserstoff H_2S, sind folgende R-Sätze zugeordnet:

R12 - Hochentzündlich,
R26 - Sehr giftig beim Einatmen,
R50 - Sehr giftig für Wasserorganismen.

H-Sätze nach CLP Verordnung 1272/2008:

H220 - Extrem entzündbares Gas.
H280 - Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.
H330 - Lebensgefahr bei Einatmen.
H335 - Kann die Atemwege reizen.
H400 - Sehr giftig für Wasserorganismen.

Da H_2S als sehr giftig eingestuft ist, sind im Hinblick auf störfallrelevante Gefahren durch H_2S daher besonders die toxischen Risiken zu berücksichtigen. Aufgrund des geringen Anteils an H_2S im Verhältnis zu CH_4 im Biogas, ist die Explosionsfähigkeit von H_2S nach Auffassung der Sachverständigen durch die Betrachtung der Explosion von CH_4 mit abgedeckt und wird daher hier nicht separat untersucht.

In der einschlägigen Literatur finden sich u.a. folgende Werte zur Quantifizierung der Toxizität von H_2S in der Atemluft (bei störungsbedingten Freisetzungen):

	H_2S-Konzentration	Einwirkzeit
AEGL-2	41 ppm	≤ 10 min
EPRG-2	30 ppm	≤ 60 min
Irreversible Schädigungen	300 – 500 ppm	kurzzeitig
Letale Dosis	> 500 ppm > 1000 ppm	ca. 30 min sofort
AGW	10 ppm	Kurzzeitgrenzwert

Definitionen

Der **ERPG-2-Wert** beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration unterhalb derer angenommen wird, dass Individuen dieser 1 Stunde ausgesetzt werden können, ohne dass ihnen irreversible oder andere gravierende Gesundheitseffekte widerfahren.

Der **AEGL-2-Wert** ist die Konzentration in Luft, bei der angenommen wird, dass empfindliche Personen exponiert sein können, ohne dass irreversible oder andere ernste Gesundheitsbeeinträchtigungen auftreten oder dass die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt wird.

AGW = Arbeitsplatzgrenzwert

3.4 Anlagenbeschreibung im Hinblick auf mögliche Gefahrenpotentiale

In der Biogasanlage Hitzacker wird in einem mesophilen Vergärungsverfahren aus pflanzlichen und tierischen Inputstoffen Biogas gewonnen, welches anschließend in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) energetisch verwertet wird, um Strom und Wärme zu erzeugen. Die elektrische Energie des BHKW wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Die erzeugte thermische Energie dient zur Erwärmung des Gärsubstrats in den Gärbehältern und wird anderweitig sinnvoll zu Heizzwecken genutzt. Die nach der Fermentation zurückbleibenden Gärreste werden als hochwertiger Dünger landwirtschaftlich in der Region verwertet.

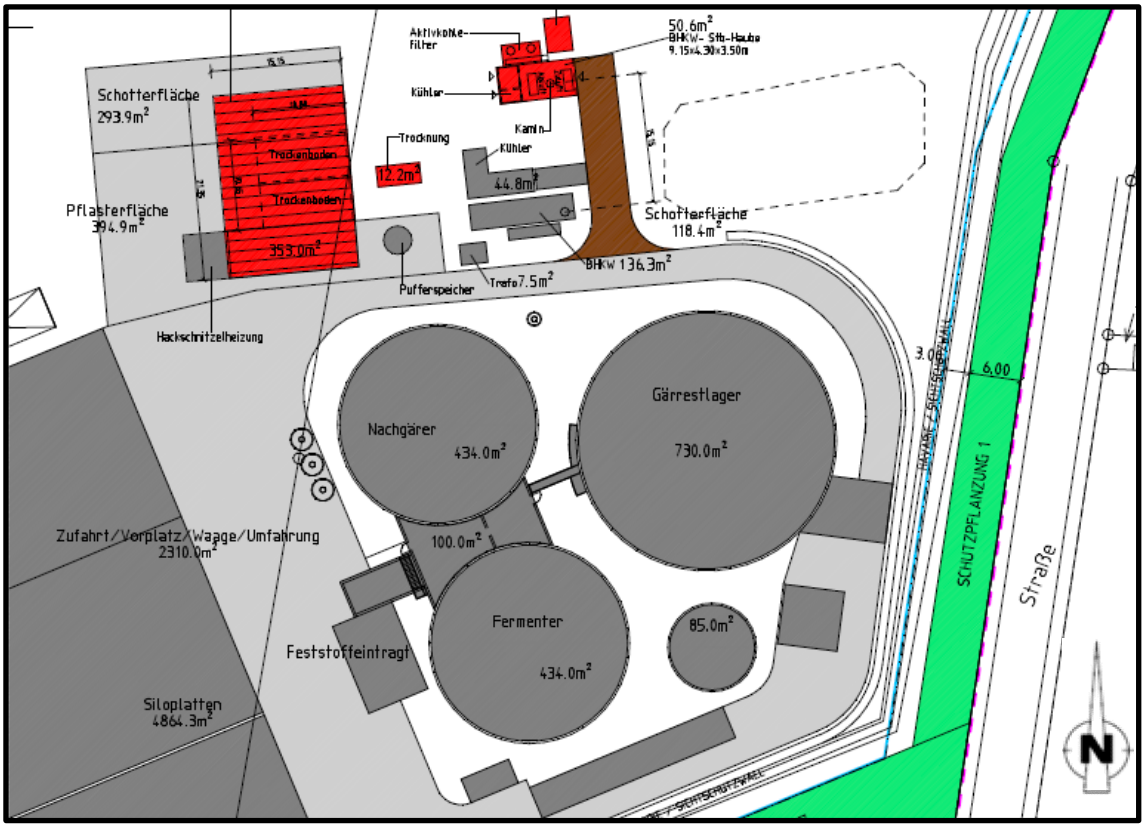

Abbildung 3: Anlagenübersicht - Quelle: /U1/

Betrachtung möglichen Störfallpotentiales

In der Biogasanlage Hitzacker werden in den Gasräumen der Gärbehälter nennenswerte Menge an Biogas erzeugt und zwischengelagert. Biogas ist als toxisch und hochentzündlich einzustufen und fällt unter die Nr. 1.2.2 der Störfall-Verordnung (vgl. Abschnitt: stoffliche Gefahren).

In Folgenden Anlagenteilen wird Biogas in einer störfallrelevanten Menge vorgehalten:

- Fermenter – D = 11,5 m,
- Nachgärer – D = 11,5 m,
- Gärrestlager – D = 15 m

Diese Behältertypen bestehen aus einem zylinderförmigen Mantel aus Stahlbeton in verschiedenen Durchmessern. Über dem Flüssigkeitsspiegel in den Behältern befindet sich der Gasraum, welcher im Normalbetrieb zur Umwelt mit einem Foliendach abgedeckt ist. Die gasdichte Befestigung der Dachhaut am Behältermantel erfolgt mit einem Klemmschlauchsystem. Dabei hält ein mit Druckluft beaufschlagter Klemmschlauch die Dachhaut an der Behälterkrone.

Im Regelbetrieb ist der Fermenter und der Nachgärer im zylindrischen Mantel vollständig bis zum Freibord mit Substrat gefüllt. Dagegen kann das Gärrestlager saisonal auch vollständig von Substrat geleert vorliegen. Damit ist das Gasvolumen und damit das Störfallpotential im Gärrestlager ungleich höher als im Fermenter.

3.5 Bildung von Störfall-Szenarien anhand der Anlagenausführung

Im Rahmen dieser Einzelfallbetrachtungen werden die Auswirkungen untersucht, die zu erwarten sind, wenn trotz störfallverhindernden und –auswirkungsbegrenzenden Maßnahmen[5] in der Biogasanlage Hitzacker sog. Dennoch-Störfälle auftreten. Diese Szenarien wurden in Konvention mit den im Leitfaden KAS 32 /8/ und den im Abschnitt 3.2 des Leitfadens KAS 18 /7/ beschriebenen Randbedingungen erarbeitet.

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

In den vorliegenden Untersuchungen wird zur Quantifizierung möglicher Gefahren von solchen Szenarien Gebrauch gemacht, da durch die Verwendung von Dennoch-Störfällen die größtmöglichen Auswirkungen abgeschätzt werden können. Somit wird eine sehr konservative Betrachtungsweise ermöglicht. Zudem ist diese Untersuchung konform zum Leitfaden KAS 32 /8/.

In Zuge dieser Untersuchungen werden quantitative Berechnungen unabhängig von Eintrittswahrscheinlichkeiten vorgenommen.

Untersuchung von Störfallauswirkungen

Ausgehend der notwendigen Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung ist hier primär das stoffliche Störfallpotential des zuvor freigesetzten Stoffes zu betrachten. Das stoffliche Störfallpotential auf der Biogasanlage Hitzacker geht primär vom Stoff Biogas aus, welcher auch als einzig relevanter störfallrelevanter Stoff in einer größeren Menge zu benennen ist.

[5] Gegenmaßnahmen nach § 3 Abs. 1 und § 3 Abs. 3 StörfallV

Aus diesem Grund ist an den zu betrachtenden Szenarien gasförmiges Biogas beteiligt, welches aufgrund seiner Eigenschaften und der vorhandenen Menge als störfallrelevanter Stoff auf dem Betriebsgelände der Biogasanlage Hitzacker einzustufen ist.

Bei der Szenarienbildung wird konservativ ungünstig unterstellt, dass größere Mengen an Biogas als gefährlicher Stoff, unkontrolliert in die Umgebung austreten. Es wird daher die Freisetzung von Biogas mit toxischen und explosionsfähigen Bestandteilen untersucht. Dieses ist zusammenhängend in großer Masse in den Gärbehältern vorhanden und wird durch eine Folien-Dachhaube von der Umgebung getrennt.
Eine größere Leckage der Gasspeicherfolie, welche die Abgrenzung eines größeren Speichervolumens an störfallrelevanten Stoffen zur Umgebung darstellt, ist im Lebenszyklus einer Biogasanlage nicht vollkommen auszuschließen. Dabei kann ein Riss der Folie angenommen werden. Auch kann unterstellt werden, dass der Klemmschlauch die Folie nicht mehr am Rand der Behälterkrone halten kann und somit ein Öffnungsquerschnitt freigelegt wird.

In Übereinstimmung mit dem Leitfaden KAS 32 /8/ wird folgendes Szenario untersucht:

- Biogas wird durch ein definiertes Leck von 4 m x 0,25 m Größe (1 m²) in der Dachhaut kontinuierlich freigesetzt.

Diese Leckgröße ist gemäß KAS 32 /8/ für Anlagen mit einer Klemmschlauchbefestigung anzusetzen. Die umfängliche Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung erfordert auch die Annahme der Freisetzung der größten zusammenhängenden Menge (GZM) auf dem Anlagengelände. Diese GZM ist nach Analyse der aktuell vorliegenden Anlagenkonzeption im Gärrestlager anzufinden.
Im Regelbetrieb sind die Fermenter und der Nachgärer im zylindrischen Mantel vollständig bis zum Freibord mit Substrat gefüllt. Dagegen kann das Gärrestlager saisonal auch vollständig von Substrat geleert vorliegen. Damit ist das Gasvolumen im Gärrestlager ungleich höher als in den Fermentern.

Abbildung 4 stellt den beispielhaften Aufbau des Gärrestlagers schematisch dar.

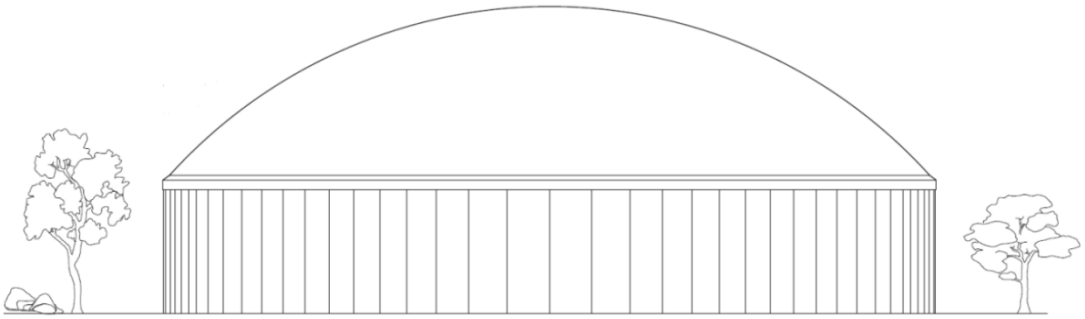

Abbildung 4: Schnittzeichnung Gärrestlager – schemenhaft, ohne Projektbezug

Im Folgenden werden die sicherheitsrelevanten Anlagenteile betrachtet, bei denen die größten Störfallauswirkungen zu erwarten sind. Dementsprechend wird bei den Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen das Gärrestlager als Biogasbehälter mit dem höchsten Störfallauswirkungspotential berücksichtigt.
Zudem wird konservativ davon ausgegangen, dass das betrachtete beschädigte Gärrestlager zum Schadenszeitpunkt vollständig vom Substrat geleert ist und damit das größtmögliche Gasvolumen beinhaltet.

4 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen

4.1 Vorgehen und Programmvorstellung

Primärer Bestandteil der Abstandsbetrachtung ist die Ausbreitungsberechnung der freigesetzten Gaswolke, in welcher Konzentrationen von toxischen und brennbaren Bestandteilen vorhanden sind.
In Folge dessen können einerseits die toxischen Risiken und andererseits die Gefährdungen durch die räumliche Ausdehnung einer explosionsfähigen gefährlichen Atmosphäre als Funktion des Abstandes zur Freisetzungsquelle dargestellt werden. Zusätzlich werden die Druckwellenauswirkungen und Wärmestrahlungsbelastungen einer möglichen Zündung der freigesetzten Gaswolke betrachtet und dargelegt.

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

Diesem Programm ist zur Berechnung der Gasausbreitung die Richtlinie VDI 3783 implementiert. Die Berechnungen der Auswirkungen des Explosionsdruckes einer Biogas-Gaswolkenexplosion erfolgt nach dem international anerkannten TNO-Multi-Energy-Modell.

4.2 Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle

Die Leitfäden der Kommission für Anlagensicherheit KAS 18 /7/ sowie die Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung /2/ empfehlen als Ausbreitungsmodell nach Stand des Wissens das in der VDI Richtlinie 3783 hinterlegte Gaußsche Ausbreitungsmodell.
Die Ausbreitung erfolgt aufgrund von turbulenten Diffusionsvorgängen, welche im Modell der VDI Richtlinie 3783-1 durch die Streuung wiedergegeben werden. Die Gaswolke erfährt nach der Freisetzung aufgrund der Zumischung von Umgebungsluft eine kontinuierliche Verdünnung der Gaskonzentration, bei gleichzeitigem Ansteigen des Wolkenvolumens.

Die Sachverständigen weisen darauf hin, dass Berechnungsergebnisse, welche mit dem Rechenmodell der Richtlinie VDI 3783-Blatt 1 berechnet wurden, für Entfernungen

< 100 m nicht mehr durch experimentelle Ausbreitungsversuche verifiziert sind. Die Ergebnisse für Nahbereiche < 100 m werden durch das verwendete Modell linear interpoliert und stellen Kalkulationen dar, die von der realen Situation abweichen, jedoch als konservativ zu bewerten sind.

Die Anwendung eines Freistrahlmodelles liefert zu konservative Ergebnisse, da die Außenturbulenz der Anströmung nicht berücksichtigt wird und damit eine zu geringe Einmischung von Luft in den Strahl Berücksichtigung findet. Dies ist am Beginn des Freistrahls mit einer im Vergleich zur Anströmung großen Freistrahlgeschwindigkeit und einem geringen Freistrahldurchmesser gerechtfertigt, jedoch ist davon auszugehen, dass sich die Turbulenz der Anströmung auf den Freistrahl auswirkt sobald der Austrittsimpuls abgebaut worden ist.[6] Entsprechende Berücksichtigung der Turbulenzeinflüsse ist aktuell in der Bearbeitung, jedoch liegen noch keine anwendbaren Vorgaben vor. Damit findet die Freistrahlberechnung in der vorliegenden Untersuchung keine Anwendung.

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

4.3 Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter

Ausflussmassestrom

Zur Untersuchung der bei einem Dachhaut-Riss freiwerdenden Gasmenge muss zunächst der Ausflussmassestrom berechnet werden. Dieser wurde unter Berücksichtigung der Ausflussfunktion sowie der Ausflussziffer nach der folgenden Beziehung berechnet

$$\dot{m} = A \cdot \Psi \cdot \alpha \sqrt{2 \frac{p_0}{R \cdot T \cdot Z}} \qquad \text{(Gl. 1)}$$

[6] TÜ Bd.51 (2010) Nr. 10 - Oktober

Aufgrund des hier angenommen Überdruckes[7] im Gasraum der Gärbehälter von 5 mbar wird von einem unterkritischen Druckverhältnis ausgegangen. Weiterhin ist die Ausflussziffer zur Berechnung des Ausflussmassestromes relevant. Die Ausflussziffer beschreibt die Geometrie des Lecks. Die liegt i.d.R. zwischen 0,38 (scharfkantig d.h.: hohe Reibungsverluste und verringerter Massestrom) und z.B.: 0,92 (runde Düse d.h.: wenig Reibungsverluste und erhöhter Massestrom). Da für den Riss einer flexiblen Folie keine Werte bekannt sind wird konservativ eine

- Ausflussziffer von 1

angenommen. Dies geht auch mit dem Leitfaden KAS 32 konform.
Weiterhin wird davon ausgegangen, dass sich der geringe Überdruck nicht sofort abbaut sondern in einem Zeitfenster konstant bleibt.

Meteorologische Stabilitätsklassen

Die meteorologischen Stabilitätsklassen haben Einfluss auf die Ausbreitung von Stoffkonzentrationen im Freiraum.
Zur Berechnung ist es möglich aus 3 Stabilitätsklassen zu wählen, um eine Gasausbreitung zu prognostizieren. Die Stabilitätsklassen werden im Wesentlichen von der Temperaturschichtung bestimmt.

Tabelle 1: Stabilitätsklassen

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

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

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

- Indifferent

[7] Angenommener Wert bei Versagen der Überdrucksicherung – entspricht Vorgaben aus KAS 32

gewählt.

Windgeschwindigkeit

Die häufigste Windgeschwindigkeit als meteorologische Standortbedingungen der hier betrachtenden Anlage ist nicht bekannt, alternativ wird die mittlere Windgeschwindigkeit als Bezugswert herangezogen. Aus Erfahrungen bekannter Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur mittleren Geschwindigkeit im Bezugszeitraum 1981-2000 ist in dem hier vorliegenden lokalen Bereich im Durchschnitt mit Werten von 2,8 – 3,1 m/s auszugehen. Da sich mit abnehmender Windgeschwindigkeit die Ausbreitungsgebiete freigesetzter Gase vergrößern, wird die Berechnung eines angemessenen Abstands konservativ mit der geringeren Windgeschwindigkeit von

- Windgeschwindigkeit: 2,8 m/s

durchgeführt. Diese stellt nach Erfahrungen des Deutschen Wetterdienstes einen konservativ angesetzten, repräsentativen Wert für die vorherrschende Situation in diesem Standortbereich dar. Mit geringerer Windgeschwindigkeit steigt die Gefahr der Aufkonzentration von Gasmengen im Freiraum nach der Freisetzung.
Eine Freisetzung der gesamten Gasmenge bei gleichzeitigem Vorhandensein von nahezu Windstille (1 m/s) und Inversionswetterlage würde zu höheren Ergebnissen führen, wäre jedoch hinsichtlich der sehr geringen Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens als exzeptioneller Störfall zu bewerten.

Weitere meteorologische Randbedingungen:

Zur quantitativen Abschätzung der Auswirkungen des Dennoch-Störfalls werden meteorologische Randbedingungen gewählt, welche mittlere Ausbreitungssituationen beschreiben.

- Umgebungstemperatur: 20 °C
- Witterung: kein Regen

Windrichtung:

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

Bodenrauhigkeit

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

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

Mit Blick auf die Nachbarschaft sind im südlichen bis westlichen Bereichen im näheren und mittleren Umfeld überwiegend ebene unbebaute Agrarflächen anzufinden. In diesen Bereichen wäre die Berechnung mit der Bodenrauhigkeitsklasse von 2 durchzuführen.

Da die Auswirkungen jedoch insbesondere zu den nächstgelegenen schutzbedürftigen Objekten zu untersuchen sind, wäre die Betrachtung in nordöstlicher Richtung durchzuführen. In dieser Richtung sind Bebauungen der benachbarten gewerblichen Betriebe sowie Bewuchs zwischen den Gärbehältern und den schutzbedürftigen Wohnbebauungen anzufinden, welche als leichte Hindernisse fungieren können.

Diese Hindernisse wären mit der mittleren Bodenrauhigkeitsklasse von 3-4 zu berücksichtigen. Damit wird für die vorliegende Betrachtung unter Berücksichtigung dieser Einflüsse die Bodenrauhigkeitsklasse nach VDI 3783-1 von:

- 3

gewählt. Dies entspricht der mittleren Bodenrauhigkeit von:

- z_0 = 0,5 m

Dies deckt ebenfalls die Ausbreitung in östlicher Richtung ab. Da in dieser Richtung geringere Ausbreitungsgebiete zu erwarten sind.

Quellhöhe

Die effektive Quellhöhe beschreibt die Höhendifferenz zwischen der Freisetzungsquelle und der Geländeoberkante der tangierten Fläche, auf welcher die Auswirkungen untersucht werden sollen. Für die hier betrachtete Anlage kann eine Quellhöhe von:

- 4,6 m üOK

festgestellt werden. Dies berücksichtigt die Behälteroberkannte von 8 m und die Erdeindeckung von ca. 3,4 m. (Quelle: Angaben per Mail vom 08.06.2018).

Quellparameter

(Gärrestlager)

- Max. Biogasvolumen:[8] ca. 7,021 m³
- Max. Biogasmenge: ca. 9.128 kg[9]
  - davon Biogasmasse in Dachhaube ca. 2.695 kg
  - davon Biogasmasse in Zylinder ca. 6.432 kg
- Behälterradius: 15 m

Beurteilungswerte toxischer Gefahren

Als Kriterium für die Bewertung toxischer Gefahren wird im Leitfaden KAS 18 /7/ die Verwendung des ERPG-2-Wertes zur Flächennutzungsplanung empfohlen, u.a. da die Expositionsdauer von einer Stunde für die Zielrichtung der Flächennutzungsplanung als ausreichend zu bewerten ist. Da eine Exposition jedoch auch bereits bei kürzerer Dauer unter einer Stunde zu Schädigungen führen kann, wird in dieser Auswirkungsanalyse zusätzlich der AEGL-Wert für 10 Minuten zur Beschreibung der für Menschen gefährlichen Gaskonzentrationen, bei deren Überschreitung mit irreversiblen Schäden zu rechnen ist, als Grenzschwelle dargestellt.

[8] Berechnet nach den Dimensionen aus /U1/ und dem Berechnungsverfahren des BMU (Biogas_StörfallV_1_2.xlsx)

[9] Gemäß Entscheidung des Ausschusses der Ländergemeinschaft Immissionsschutz „AISV - Anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge“ aus dem Jahr 2011 wird eine Dichte von 1,3 kg/m³ angenommen.

Zudem wird im Bericht der Störfallkommission SFK-GS-28 das AEGL-Konzept als wissenschaftlich ausgewogener als das ERPG-Konzept bewertet.
Zu den AEGL-Werten sind drei Wirkungsstufen in den jeweiligen Expositionszeiträumen bekannt. In Stufe 1 sind Augen- und Nasenreizungen sowie Unwohlsein, aber nicht lebensbedrohende oder andauernde Wirkungen zu erwarten. Stufe 2 beschreibt schwerere und irreversible oder andere ernste Gesundheitsbeeinträchtigungen, zudem ist die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt. In der Stufe 3 können empfindliche Personen lebensbedrohende Gesundheitsschäden erleiden. Im Folgenden wird zur Beurteilung die Wirkungsstufe 2 für die Auswirkungsdauer von 10 Minuten (dem zur Folge: AEGL-2-Wert für 10 Minuten) herangezogen.

Stoffliche Randbedingungen – Schwefelwasserstoffanteil im Biogas:

Toxische Gefährdungen werden primär durch den im Biogas enthaltenen Schwefelwasserstoff (H_2S) als Bestandteil des freigesetzten Biogasvolumens abgeschätzt.
Entsprechend Abschnitt 1.4 des Leitfadens KAS 32 /8/ ist für Biogasanlagen, welche überwiegend mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben werden als Schwefelwasserstoffgehalt im freigesetzten Biogas ein Wert von 5.000 ppm (0,5 Vol%) zur Berechnung anzusetzen, sofern keine Detailkenntnisse zur Biogaszusammensetzung vorliegen.
Zur Erlangung dieser Detailkenntnisse wurde durch den Betreiber eine vollständige Messreihe für den Zeitraum vom Zeitraum 25.05.2018 bis 26.06.2018 mit täglichen Messungen des Schwefelwasserstoffwertes übermittelt /U4/. Der Messpunkt lag nach Betreiberaussage im Fermenter und damit vor dem Aktivkohlefilter.
Innerhalb dieser Messreihe betrug der Durchschnittswert ca. 40-50 ppm. Das Maximum lag bei 91 ppm und wurde am 09.06.2018 einmalig erreicht. Das Erreichen eines solch geringen Wertes ist dadurch begründet, dass in der Biogasanlage Hitzacker im Regelbetrieb die H_2S-Bildung durch die biologische Entschwefelung während des Fermentationsprozesses reduziert wird. Zudem werden Fällungsmittel zur weiteren Entschwefelung eingesetzt. Diese werden dem Fermentationsprozess zugeführt um den schwefelwasserstoffgehalt weiter zu reduzieren.

Ausgehend dieser Erkenntnisse und um eventuelle Messfehler oder Fehler in der Entschwefelung sowie schwankende Inputzusammensetzungen oder Witterungseinflüsse zu berücksichtigen, wird der höchste Messwert aus /U4/ mit einem Sicherheitsbeiwert beaufschlagt. Damit wird zur vorliegenden Untersuchung ein konservativ hoher Schwefelwasserstoff-Anteil im Rohbiogas von

- max. 1.000 ppm H_2S

herangezogen.

Dies stellt einen weit überhöhten Wert dar, deckt jedoch auch das Szenario eines möglichen, temporären Versagens der Entschwefelungsanlage ab.

Weitere stoffliche Parameter

- Der Methangehalt beträgt 55 Vol%.
- Der Gasüberdruck beträgt 5 mbar bei einer Temperatur von 20° C.

5 Berechnungen

5.1 Szenario1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen

Im Folgenden werden die Explosions- und die toxischen Gefährdungen durch eine kontinuierliche Biogasfreisetzung aus einem größeren Leck an der Dachhaut des gasdichten Gärrestlagers untersucht. Dieser Behälter besitzt das größte Gasvolumen und stellt damit das größte Gefahrenpotential auf dem Biogasgelände dar.
Dabei wird angenommen, dass zunächst die Wetterschutzplane des Gärrestlagers versagt und anschließend die darunterliegende Gasspeicherhaube ohne Benennung der Ursache aufreißt und somit ein Leck verursacht. Auch ist nicht auszuschließen, dass die Klemmschlauchbefestigung versagt und die Folien nicht mehr an der Behälterkrone halten kann, wodurch ein größerer Öffnungsquerschnitt freigegeben wird.
Es sei darauf hingewiesen, dass das Versagen beider Schutzfolien oder des Klemmschlauches als ein sehr seltenes, aber schon eingetretenes Szenario angenommen werden muss. Dieses soll daher auch zur weiteren Untersuchung herangezogen werden.

Szenario 1:	Biogasfreisetzung durch eine größere Dachhautleckage am gasdichten Gärrestlager

Es wird angenommen, dass die Klemmschlauchbefestigung der Wetterschutzplane sowie der darunterliegenden Gasspeicherhaube am Gärrestlager ohne Benennung der Ursache versagt und somit ein Leck von der Dimension 4 m x 0,25 m verursacht.
Die Dimensionierung des Lecks entspricht den derzeit geltenden Anforderungen des Leitfadens der Kommission für Anlagensicherheit KAS-32 für Gärbehälter mit einem Klemmschlauchbefestigungssystem und wurde zur vorliegenden Untersuchung herangezogen.
Die Betrachtung erfolgt Ursache-unabhängig, dennoch kann zum Beispiel Materialversagen oder das Einfrieren des Klemmschlauches verantwortlich gemacht werden. Weiterhin wird unterstellt, dass ein solches Leck nicht innerhalb kurzer Zeit durch das Betriebspersonal zu schließen ist, bevor sich das Biogas vollständig entleert hat.

Quelldimensionen (Gärrestlager)

- Es wird ein Riss angenommen mit den Abmaßen[10]:

  Länge 4 m und Breite 0,25 m

  Es handelt sich entsprechend der Richtlinie VDI 3783-1 somit um eine Flächenquelle. Da eine Quellkante mit 0,25 m kleiner als 1 m ist, geht die Richtlinie VDI 3783-1 an dieser Stelle von einer waagerechten Linienquelle aus (Xq=0; Zq=0).

- Freisetzungshöhe: 4,6 m üOK
  (Ausgehend von 8 m Zylinderhöhe und einer Erdeindeckung von 3,4 m)[11]

berechneter Ausflussmassestrom

Der nach der Gleichung 1 (vgl. Abschnitt 4.3) berechnete Ausflussmassestrom beträgt bei einer Ausflussziffer von 1:

- 34,54 kg/s

als kontinuierlichen Massestrom aus dem beschriebenen Leck.

Setz man sich mit dem Aufbau des hier zu betrachtenden Gärbehälters und den vorliegenden Stoffeigenschaften auseinander, so wird deutlich, dass der nach der Gleichung 1 (vgl. Abschnitt 4.3) berechnete Ausflussmassestrom nicht für den gesamten Zeitraum konstant bleiben wird, sondern mit dem einhergehenden Druckabbau abfällt.
Es ist davon auszugehen, dass das Biogas aufgrund der Druckentspannung auf den Umgebungsdruck zunächst sehr schnell austritt[12] und nach erfolgter Druckentspannung im weiteren Verlauf mit einem geringeren Volumenstrom freigesetzt wird und sich in Windrichtung verteilt.
Dieser Zeitpunkt des erfolgten Druckabbaus ist unter Annahme einer isothermen Zustandsänderung eines idealen Gases erreicht, wenn 35 m³ bzw. 45 kg spontan freigesetzt wurden, bis sich der Druck auf Umgebungsdruck entspannt hat. Dieser Zeitpunkt wäre mit dem nach Gleichung 1 berechneten Massestrom bereits nach ca. 2 - 3 Sekunden nach Beginn der Freisetzung erreicht. Konservativ wird nun jedoch angenommen,

[10] Entsprechend KAS 32
[11] Quelle: Angaben per Mail 08.06.2018
[12] In Annahme einer isothermen Zustandsänderung würde die Druckentspannung auf Umgebungsdruck innerhalb einer kürzeren Zeitdauer erfolgen

dass der Austrittsstrom durch die Gewichtskraft der zusammenfallenden Dachhaube unterstützt wird und dadurch der berechnete Ausflussmassestrom solange konstant bleibt, bis sich die Dachspeicherhaube vollständig entleert hat. Das zurückbleibende Gasvolumen des zylindrischen Behältermantels wird dann aufgrund des dichteneutralen Charakters von Biogas und in Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32 innerhalb des restlichen Zeitfensters von 600 Sekunden an die Umgebung freigesetzt.
Somit erfolgt die Freisetzung des gesamten Gasvolumens in zwei Abschnitten, beginnend mit dem nach der Gleichung 1 berechneten Ausflussmassestrom und darauffolgend mit der Freisetzung des Zylindermantels. Bei einer Gasmenge von ca. 2.695 kg in der Dachspeicherhaube des zu betrachtenden Gärrestlagers beträgt die Dauer der Freisetzung somit ca. 78 Sekunden.
Da nach der Freisetzung des Gasspeicherdaches noch ca. 6.432 kg Gas im Zylindermantel verbleiben, werden diese unter Berücksichtigung eines dichteneutralen Zustandes und in Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32 in einem Zeitrahmen von 600 Sekunden freigesetzt. Der Freisetzungsmassestrom für diesen zweiten Freisetzungsabschnitt beträgt somit ebenfalls ca. 10,72 kg/s.

Beide Freisetzungsabschnitte bilden zusammenhängend ein Freisetzungsszenario, mit welchem die Durchführung der Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1 erfolgt. Der zur Berechnung ermittelte Quelltherm berücksichtigt neben den dargestellten Freisetzungsmassesträmen ebenfalls die Anfangsverdünnung durch die Quelldimension einer Linienquelle.

5.1.1 Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1

Ergebnisse für Explosionsgefährdungen durch Biogasfreisetzung nach VDI 3783-1

Die im Folgenden illustrierten Darstellungen stellen die Ergebnisse der Berechnungen unter den genannten Randbedingungen dar. Die Ergebnisse der Berechnungen für die Explosionsgefährdungen durch Biogas (Erreichen der UEG) für die mittlere Ausbreitungssituation sind in der Abbildung 5 dargestellt.

Die Ausbreitung gilt in Windrichtung und unter Unterstellung einer ungehinderten Ausbreitung ohne Hindernisse in Richtung einer möglichst freien Fläche, um eine ungehinderte Ausbreitung zu simulieren und damit den größten Schutzradius zu bestimmen. Mögliche Strömungshindernisse wurden bereits durch die Wahl der Bodenrauhigkeitsklasse berücksichtigt.

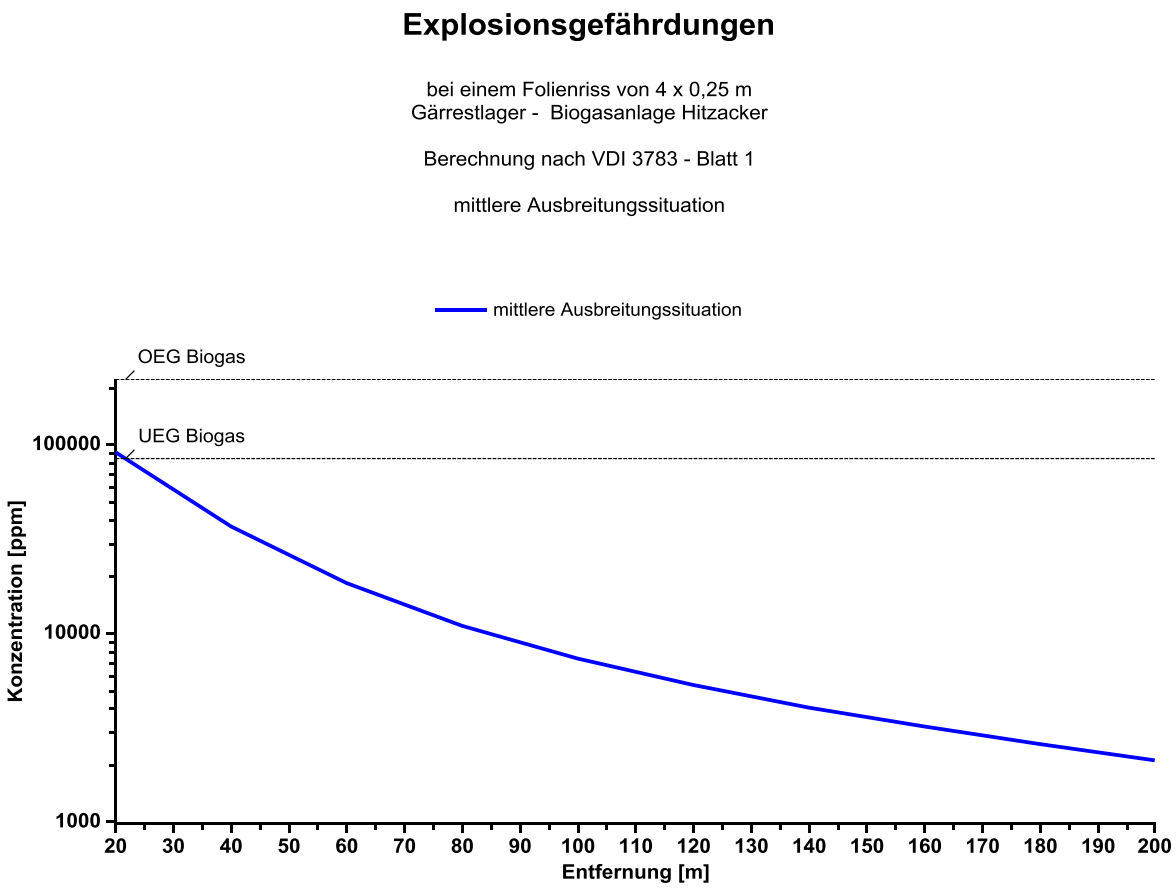

Abbildung 5: Zündfähigkeit in Entfernung von der Quelle (Gärrestlager)

Auswertung: Ausbreitung zündfähiger Atmosphäre

Die Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1 hat ergeben, dass bei einer Freisetzung der maximalen Gasmenge des Gärrestlagers aus einem Leck mit den beschriebenen Dimensionen, die UEG bis zu 23 m in Bodennähe erreicht wird. Es wird darauf hingewiesen, dass das Rechenmodell der VDI 3783 nicht für Nahbereiche geeignet ist und überschätzte Ergebnisse liefert.

Als weiteres Ergebnis der Berechnung wird ebenfalls festgestellt, dass die zündfähige Masse ca. 122 kg beträgt. Eine Zündung wäre nicht vollkommen auszuschließen. Die

Folgen durch entstehende Explosionsüberdrücke bei einer Zündung werden in den folgenden Abschnitten ermittelt.

5.1.2 Ergebnisse für toxische Gefährdungen im Szenario 1

Ergebnisse für toxische Gefährdungen durch Biogasfreisetzung nach VDI 3783-1

Die toxischen Eigenschaften von Biogas werden primär durch den Schwefelwasserstoff (H_2S)-Anteil im freigesetzten Gasvolumen bestimmt. Daher sollen durch die folgende Ausbreitungsberechnung die Gefährdungsbereiche bestimmt werden, innerhalb derer irreversible gesundheitsschädliche Schädigungen von Personen angenommen werden müssen. Als Grenzwert für die toxischen Gefährdungen durch Schwefelwasserstoff wird der AEGL-2-Wert gewählt, welcher irreversible Schädigungen in einem Expositionszeitraum von 10 Minuten beschreibt.
In Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32 wird ebenfalls der ERPG-2-Wert dargestellt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass dieser Auswirkungen in einem Expositionszeitraum von >60 Minuten beschreibt. Eine Konzentration des Gases im Freiraum ist für diese Zeitdauer jedoch nicht zu erwarten.

Die Ergebnisse der Berechnungen für die toxischen Gefährdungen durch H_2S als Bestandteil des größten freigesetzten Volumens von Biogas sind für die mittlere Ausbreitungssituation in der Abbildung 6 dargestellt.

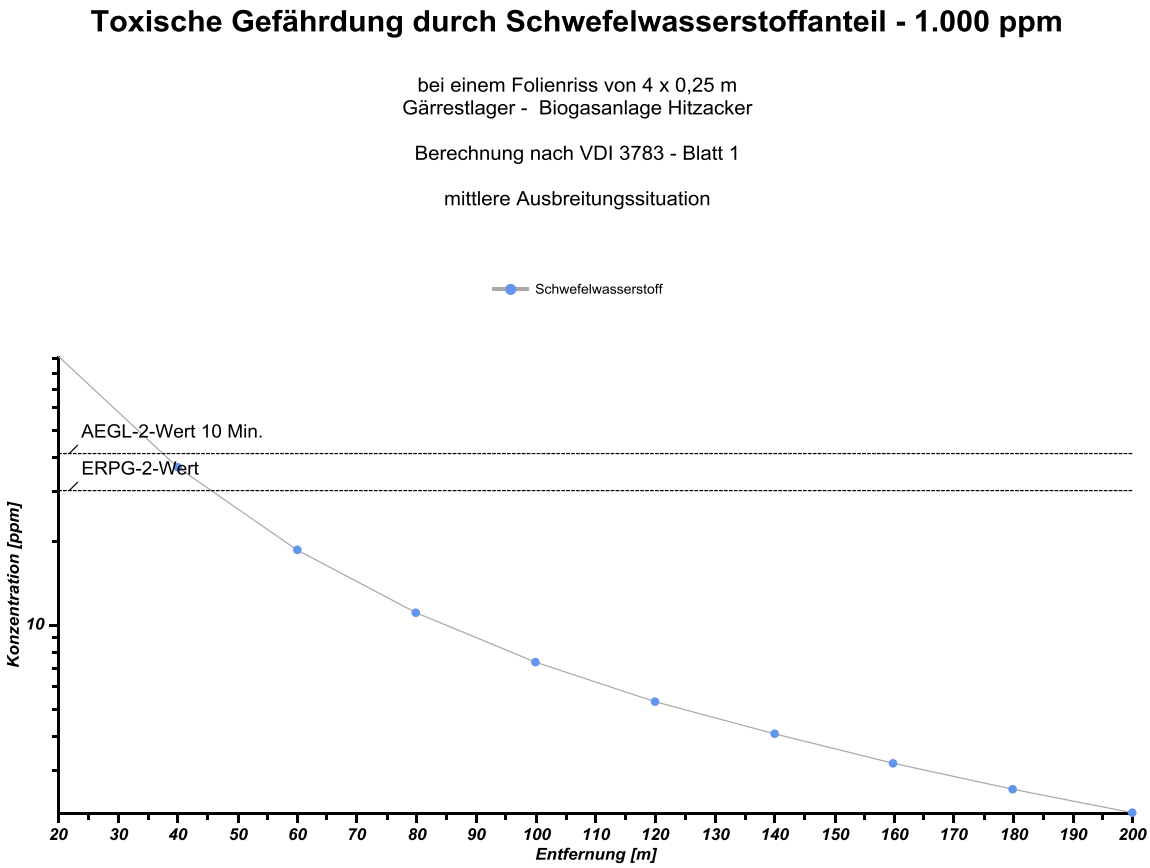

Abbildung 6: H2S-Konzentrationen in Entfernung von der Quelle (Gärrestlager)

Auswertung: Ausbreitung toxischer Atmosphäre

Als Ergebnis der Ausbreitungsberechnung wird festgestellt, dass unter den gegebenen Randbedingungen eine toxische Konzentration oberhalb des AEGL-2-Wertes bis zu ca. 39 m in Windrichtung zu dem Gärrestlager zu erwarten ist. Der ERPG-2-Wert erreicht Entfernungen von bis zu ca. 47 m.

Für die Freisetzung von toxischen Bestandteilen im Biogas aus dem Gärrestlager stellt Abbildung 7 die Dimensionierung eines möglichen exponierten Bereichs, in welchem toxische Atmosphäre oberhalb des AEGL-2-Wertes vorliegen kann, graphisch dar. Diese Darstellung dient zur Untersuchung der möglichen Gefährdungen in den äußeren Nachbarbereichen.

Dabei ist zu beachten, dass die Abbildung 7 windrichtungsunabhängig dargestellt ist. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass nicht alle im Radius befindlichen Gebiete gleichzeitig dem AEGL-2-Wert für Schwefelwasserstoff ausgesetzt sind, sondern nur

einzelne Bereiche, welche sich zum Zeitpunkt der Freisetzung innerhalb der Windeinzugsrichtung befinden. Dabei ist eine Ausbreitungszone in elliptischer Form zu erwarten. Zudem werden ausbreitungsbehindernde Bebauungen nicht berücksichtigt.
Es wird darauf hingewiesen, dass zwischenliegende Objekte wie z.B.: Bewuchs oder Bebauungen die berechneten Entfernungen vermindern können.

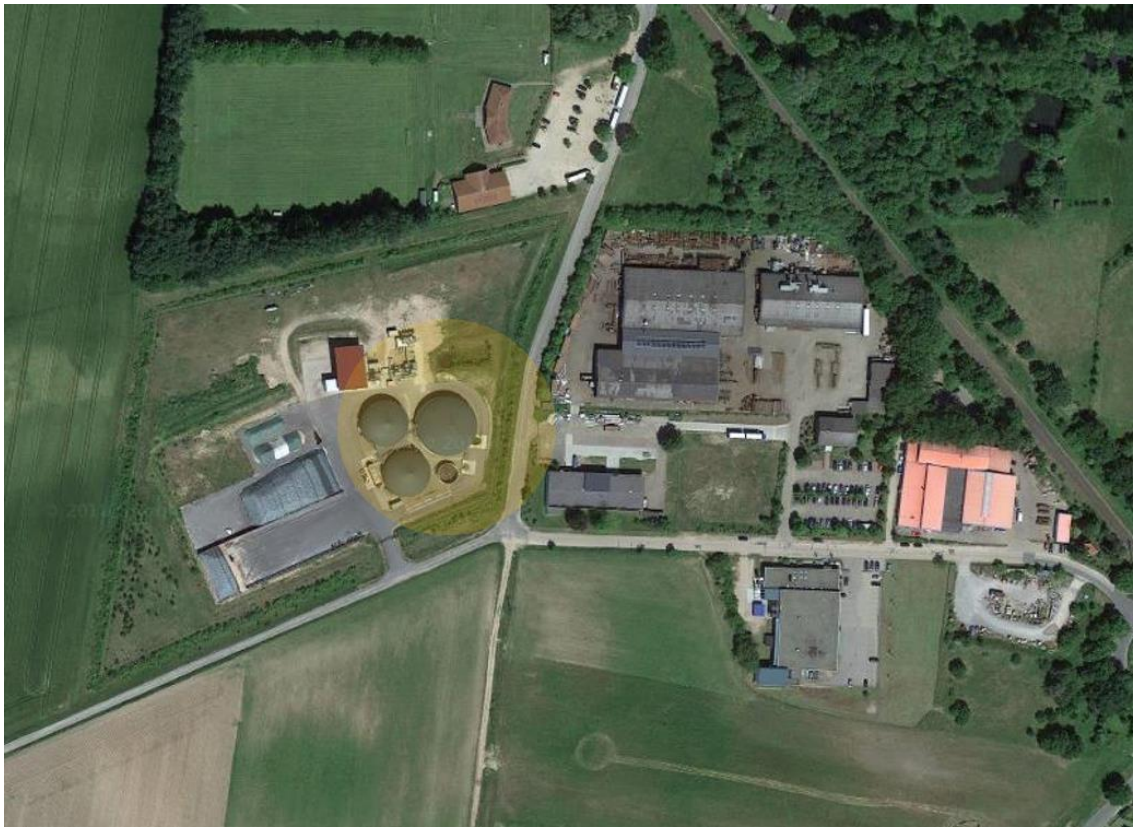

Abbildung 7: Ausbreitung der toxischen Atmosphäre oberhalb AEGL-2 Wert ausgehend des Gärrestlagers – schemenhaft Windrichtungsunabhängig /Quelle: Google Maps 2018/

In Auswertung der Berechnungsergebnisse und mit Blick auf die örtliche Lage kann festgestellt werden, dass bei Störfallannahme ausgehend des Gärrestlagers[13] und bei gleichzeitig eintretender Windrichtung aus Westen, das Gelände des östlich gelegenen gewerblichen Betriebes im Randbereich mit einer Atmosphäre oberhalb des AEGL-2-Wertes oder des ERPG-2-Wertes exponiert sein kann. Dieses Objekt ist jedoch nicht als schutzbedürftig im Sinne §50 BImSchG einzustufen.
Weiter wird festgestellt, dass unabhängig der gleichzeitig eintretenden Windrichtung keine außerbetrieblichen oder schutzbedürftigen Bebauungen, welche im Abschnitt 2.3

[13] Das Gärrestlager besitzt das größte Störfallpotential auf der Anlage.

als schutzbedürftig eingestuft wurden, oberhalb des AEGL-2-Wertes oder des ERPG-2-Wertes exponiert sind. Diese Aussage gilt ebenfalls bei Übertragung der Berechnungsergebnisse auf die Fermenter. Es ist jedoch von geruchlichen Wahrnehmungen auszugehen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der AEGL-2-Wert schädliche Auswirkungen bei einer Expositionsdauer von >10 Minuten (600 Sekunden) beschreibt. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass sich Konzentrationen oberhalb des AEGL-2-Wertes in Geländevertiefungen oder windgeschützten Abschnitten länger aufhalten können.

5.2 Szenario 2: Zündung der Biogaswolke im Dennoch-Störfall

Die vorangegangenen Betrachtungen haben aufgezeigt, dass die untere Explosionsgrenze (UEG) im Bodenbereich von 2 m üOK bei bis zu 23 m erreicht wird.
Zudem wurde die explosionsfähige Masse auf 122 kg berechnet. Konservativ kann angenommen werden, dass sich Gaskonzentrationen im Außenbereich hinter der Behälterwand aufkonzentrieren.
Da Biogas primär als hochentzündlich einzustufen ist, werden im Folgenden die Folgen der Entzündung einer zuvor freigesetzten Gaskonzentration untersucht.

Szenario 2: Zündung einer zusammenhängenden Biogaswolke im Freiraum

Ausgehend von einer wirksamen Zündung der freigesetzten Biogaswolke innerhalb der Explosionsgrenzen[14] kann eine Explosion der freigesetzten Biogasmenge unterstellt werden. Dabei ist der Begriff Explosion als Oberbegriff für eine Deflagration und eine Detonation zu verstehen.

[14] Wenn sich eine Wolke aus brennbaren Gas mit Luft zu einem brennbaren Gemisch mischt.

Da im vorliegenden Fall von einer unverdämmten Gaswolkenexplosion[15] auszugehen ist, wird in Verbindung mit dem Begriff Explosion eine Deflagration als schneller, unverdämmter Wolkenabbrand betrachtet.

Im Folgenden soll der hierdurch erzeugte Explosionsüberdruck und die Wärmestrahlungsauswirkung als primäre Auswirkungen ermittelt und untersucht werden. Dazu werden daher zunächst die Spitzenüberdrücke, welche bei Zündung der freigesetzten Biogaswolke möglich sind, berechnet und quantitativ dargestellt.
Zur Untersuchung des Ablaufes einer Gaswolkenexplosion wird das Multi-Energy-Modell nach TNO verwendet[16]. Die Berechnung der Explosionsüberdrücke wird mit dem Programm ProNuSs 9 durchgeführt, in welchem das genannte Modell implementiert ist.

TNO/Multi-Energy-Modell - Randbedingungen und Vorbetrachtungen

Gaswolken, welche wie in diesem Fall ursachenunabhängig explodieren, entwickeln im Freien nur sehr geringe Explosionsdrücke. Haupteinflussparameter ist der Grad der Turbulenz, der mit zunehmender Größe die Flammengeschwindigkeit und damit den Explosionsdruck ansteigen lässt. Diese Einflüsse der Turbulenz werden beim TNO-Modell durch die Wahl entsprechender Kategorien berücksichtigt, welche ansteigend von 1 bis 10 unterschiedliche Turbulenzgerade darstellen. Die Kategorie 1 hat einen geringen maximalen Explosionsüberdruck, während die Kategorie 10 eine starke Detonation beschreibt.
Die wesentliche Fragestellung zur Berechnung ist die Wahl einer zum Szenario korrespondierenden Kategorie. Zur Wahl der passenden Kategorie wird im ProNuSs-Handbuch /I3/ als Hilfestellung die Matrix von Kinsella angegeben. Darin können die vor Ort angefundenen Merkmale der Geländeausprägung in dem Merkmalen Verblockung und Verdämmung berücksichtigt werden.
Die passende Kategorie wird somit anhand der örtlich gegebenen Parameter ausgewählt. Aufgrund der Gasfreisetzung aus dem Gärrestlager in einer Höhe von ca. 4,6 m und den dem Sachverständigen bekannten Bebauungsplänen des Betriebsgeländes ist

[15] Engl.: Unconfined Vapor Cloud Explosion (UVCE)

[16] Die Anwendung des TNT Modelles zur Untersuchung einer Zündung einer Gaswolke im Freiraum ist aus Sicht der Sachverständigen nicht geeignet. Das Modell nach Wiekema geht von einer Deflagration einer Schwergaswolke am Boden aus. Da es sich hier um eine Freisetzung einer dichteneutralen Gaswolke in Höhe handelt, welche auftretende Hindernisse berücksichtigen muss, ist aus Sicht der Sachverständigen das Multi-Energy-Modell zur Berechnung des Spitzenüberdruckes geeignet.

bei der Modellrechnung generell nicht mit einer nennenswerten Verdämmung durch angrenzende Bebauung zu rechnen.
In westlichen Richtungen ist eine geringe Sekundärverdämmung durch die betriebseigenen Gärbehälter untereinander anzunehmen.
Mit der Matrix von Kinsella als Hilfestellung wird unter den drei Parametern geringer Zündenergie, geringe Verblockung und hohe Verdämmung die Kategorie 3 - 4 empfohlen. Konservativ wird die Kategorie 4 gewählt.

Ausgehend der Erkenntnis aus Szenario 1, dass die Biogasmenge nicht spontan, sondern innerhalb eines längeren Zeitfensters freigesetzt wird, kann davon ausgegangen werden, dass die Verdünnung an den Wolkenrändern bereits weit fortgeschritten ist und sich einige Gasmengen im Randbereich der Biogaswolke bereits unterhalb der UEG verdünnt haben. Daher wird ein großer Teil der Gasmenge nicht mehr an der Entzündung teilnehmen. Dies wird im Berechnungsprogramm ProNuSs v9 zur Ermittlung der explosionsfähigen Masse berücksichtigt. Es wurde eine explosionsfähige Masse von 122 kg ermittelt. Die explosionsfähige Masse wird in der vorliegenden Berechnung mit dem Faktor 2 multipliziert, um einen hinreichenden Sicherheitsbeiwert zu erreichen.

Randbedingungen und Eingabeparameter für die Explosionsdruckberechnung

Es werden die analogen Randbedingungen wie in den vorherigen Berechnungen angewendet, jedoch mit folgender Ergänzung:

Quellparameter

(Gärrestlager)

- explosionsfähige Masse (mit Faktor 2): ca. 244 kg
- Wolkendurchmesser[17] (in Bodennähe) ca. 23 m

Eingabeparameter TNO/Multi-Energy-Modell

- Kategorie: 4

Zur Berechnung wird mit dem Programm ProNuSs v9 für ein Gasgemisch, bestehend aus 55 % Methan und ca. 45 % Kohlendioxid, unter Berücksichtigung der vorhergegangenen Ergebnisse eine Ausbreitungsberechnung vorgenommen.

[17] Ergebnis der Berechnung mit ProNuSs v9

5.2.1 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2

Die folgenden Abstandsangaben beziehen sich auf den Abstand vom Rand des freigesetzten Gärrestlagers und berücksichtigen die Drift der Gaswolke. Das Berechnungsverfahren konstatiert eine Zündung im Mittelpunkt der Wolke. Die berechneten Entfernungsangaben sind auf die Freisetzungsquelle zurückgerechnet und stellen somit den Abstand zur Freisetzungsquelle dar.

Zusammenfassend ist der Explosionsdruckverlauf als Funktion über der Entfernung vom Behälterrand in der Abbildung 8 dargestellt.

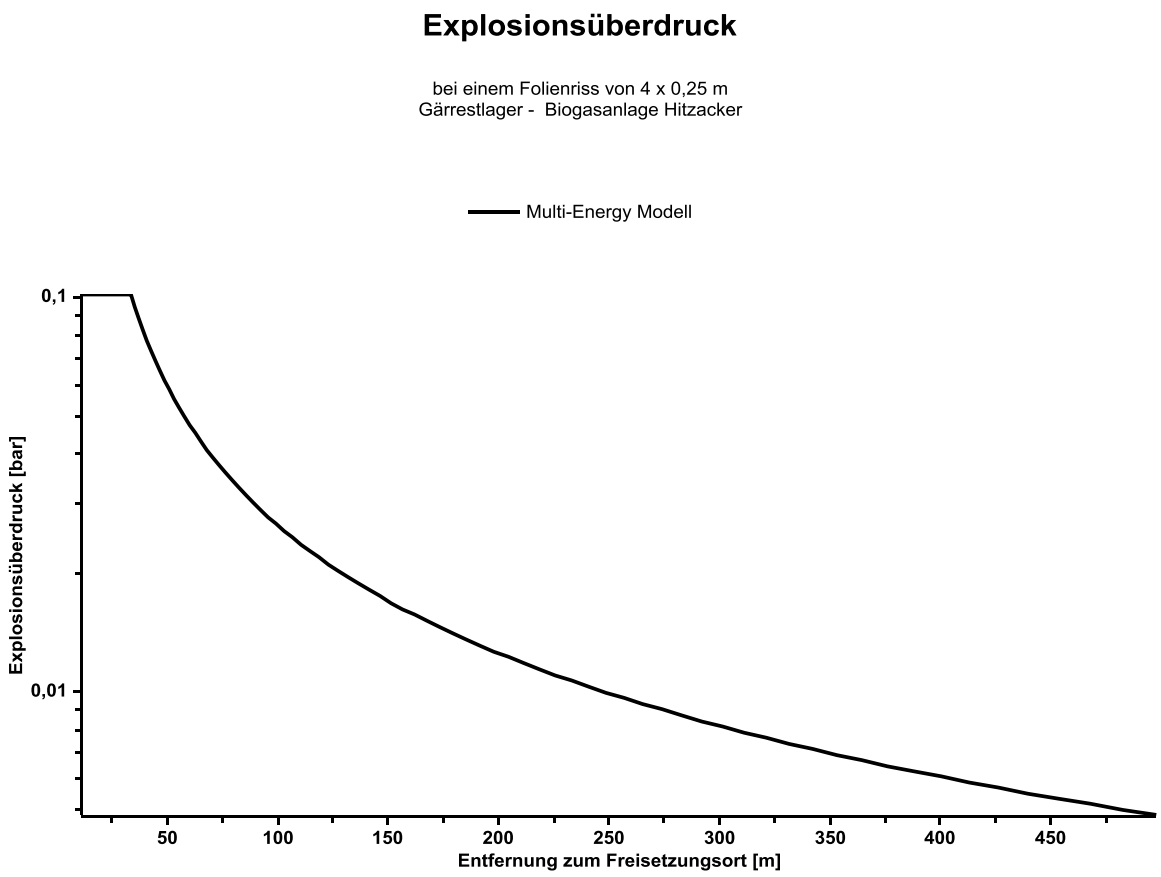

Abbildung 8: Explosionsüberdrücke – ausgehend Gärrestlager

Bewertung möglicher Auswirkungen durch Explosionsdruck

Folgende Schadensbilder sind dem Programm-Handbuch /I3/ entnommen und basieren auf Forschungsberichten des Umweltbundesamtes (UBA) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

Tabelle 2: Glasschäden

Glasschäden		
Bruch von 100 % der Scheiben	0,05 bar	58 m

Tabelle 3: Personenschäden

Personenschäden		
Grenzwert gemäß KAS 18	0,1 bar	34 m
Untere Grenze Trommelfellriss	0,175 bar	Nicht erreicht
Untere Grenze für Lungenschäden	0,85 bar	Nicht erreicht
Untere Grenze für ernste Lungenschäden	1,85 bar	Nicht erreicht
Untere Letalitätsgrenze	2,05 bar	Nicht erreicht

Nach einer angenommenen Zündung liegt die maximale Entfernung für Glasschäden bei ca. 58 m.
Der Toleranzbelastungswert für Spitzenüberdrücke ist gemäß dem Leitfaden KAS 18 /7/ mit 0,1 bar definiert und wird in diesem Fall bei 34 m erreicht. Mit dieser Betrachtung sind keine außerbetrieblichen schutzbedürftigen Objekte signifikant oberhalb des Toleranzbelastungswertes von 0,1 bar gefährdet.

Zudem ist zu erwähnen, dass die Berechnung konservativ davon ausgeht, dass die Zündung des freigesetzten Biogases zu einem Zeitpunkt erfolgt, an dem die gesamte Menge freigesetzt wurde. Real ist jedoch mit einer Zündung vor Erreichen der maximalen Freisetzung zu rechnen, da sich dieser Prozess in einem längeren Zeitraum erstreckt.
Weiter wird darauf hingewiesen, dass dieses Szenario sehr konservativ ungünstige Randbedingungen unterstellt, welche zudem gleichzeitig eintreten müssen (Windrichtung, geringe Windgeschwindigkeit).

5.2.2 Ergebnisse der Wärmestrahlungsauswirkungen durch Zündung der Biogaswolke im Szenario 2

Der Abbrand der Gaswolke hat ebenfalls zur Folge, dass auch Wärmeeinstrahlungen entstehen, welche ungeschützte Objekte negativ beeinflussen könnten. Daher werden die Wärmeeinstrahlungen in Folge einer Zündung der Gaswolke im maximalen Ausmaße im Folgenden prognostiziert. Konservativ wird angenommen, dass eine Verschwächung der Strahlung durch Rußbildung ausgeschlossen ist. Die Berechnungen wurden mit dem Programm ProNuSs 9 und unter Modell *Gaswolkenbrand* durchgeführt. Als Randbedingung wird die Strahlungsintensität des abbrennenden Gases verwendet. Für Biogas (bzw. Methan) ist diese Strahlungsintensität bei ca. 200 kW/m² anzusetzen (Quelle: Chamberlain[18] und ProNuSs Handbuch /I3/).

Weitere Randbedingungen zur Berechnung im Modell *Gaswolkenbrand*

Stoffparameter

- Strahlungsintensität: 200 kW/m²

Die ellipsenförmige Gaswolke (vgl. Szenario 1) wird zur Berechnung als liegender Zylinder angenähert. Folgende Abmaße der Wolke resultieren aus Szenario 2:

Modellparameter

- Gaswolkenlänge: 23 m
- Gaswolkendurchmesser: 7,2 m
- Höhe der Wolkenmittellinie über Boden: 4,6 m

[18] G. A. Chamberlain. Development in design methods for prediction thermal radiation from flares. Chem. Eng. Res. Des. Vol. 65 (1987)

Ergebnisse

Abbildung 9 zeigt die maximale Bestrahlungsstärke ohne Hindernisse in 1 m Höhe über dem Boden. Es wird unter erschwerten Bedingungen davon ausgegangen, dass die bestrahlte Fläche/das exponierte Objekt in der Windrichtung (in Lee) befindet und somit mit der größtmöglichen Wärmestrahlung ausgesetzt ist. Die berechneten Entfernungsangaben sind auf die Freisetzungsquelle zurückgerechnet und stellen somit den Abstand zur Freisetzungsquelle dar.

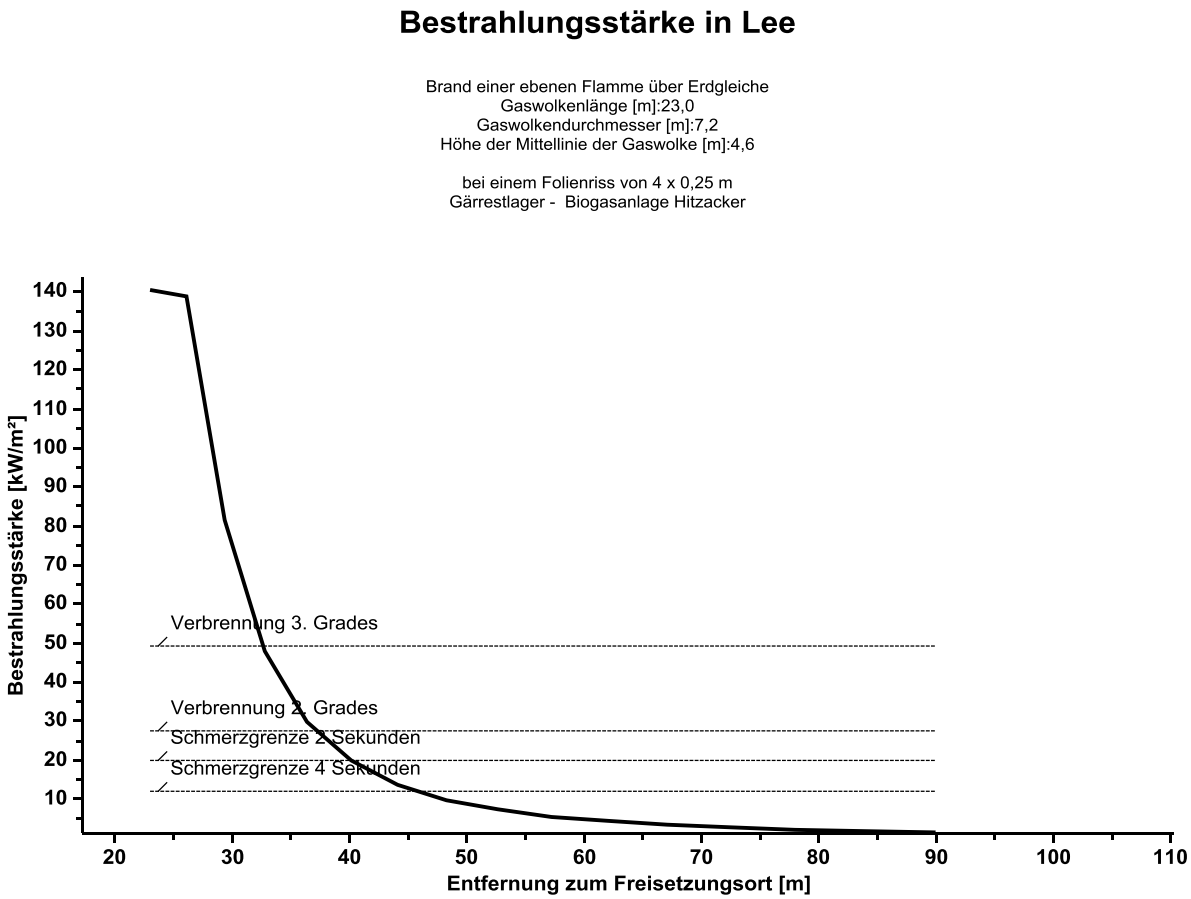

Abbildung 9: Wärmestrahlung ausgehend der Quelle – Gärrestlager

Der Leitfaden KAS 18 /7/ der Kommission für Anlagensicherheit empfiehlt eine Bestrahlungsstärke von 1,6 kW/m² als Grenze für nachteilige Wirkungen. Dieser Wert gilt für Brände mit beliebig langen Einwirkzeiten und ist bei ca. < 86 m erreicht. Dieser Grenzwert gilt für Brände mit einer unbestimmt langen Branddauer und ist daher auf längere Einwirkzeiten[19] anzusetzen.

[19] z.B.: Brand eines Tanklagers etc.

Jedoch ist bei der Untersuchung von Wärmestrahlungsauswirkungen bei einer Gaswolkenexplosion die Branddauer bzw. Dauer der Strahlungseinwirkung zu berücksichtigen. Die Branddauer ist abhängig von den Flammengeschwindigkeiten des abbrennenden Gases. Aus verschiedenen Literaturquellen[20] sind Flammengeschwindigkeiten für LNG (verflüssigtes Methan) zu entnehmen. Diese Stoffwerte können in Näherung für Biogas (ca. 55% Methan) herangezogen werden. Entsprechend diesen Literaturquellen sind Flammengeschwindigkeiten zwischen 6 m/s und 24 m/s ohne nennenswerte Hindernisse bekannt. Konservativ wird an dieser Stelle von dem geringsten Wert von 6 m/s ausgegangen. Damit wäre die freigesetzte Biogaswolke nach maximal ca. 2 - 3 Sekunden vollständig abgebrannt.

Das Modell einer Freistrahlflamme mit längerer Abbrenndauer kann in diesem Fall nicht angewendet werden, da dieses einen Freistrahl voraussetzt, dessen Berechnung wiederum nach dem Freistrahlmodell zu konservative Ergebnisse, da die Außenturbulenz der Anströmung und die damit eine zu geringe Einmischung von Luft in den Strahl nicht berücksichtigt wird. (Vgl. Abschnitt 4.2)

Da entsprechend den vorhergegangenen Betrachtungen aber auch davon ausgegangen werden kann, dass aus dem beschriebenen Leck weiterhin Gas nachströmt, kann unterstellt werden, dass sich die Flamme für länger als 4 Sekunden aufrecht erhält. Es wird unter realistischen Betrachtungen eine Brenndauer von ca. >1 und < 5 Sekunden unterstellt.

Für diese Einwirkzeiten setzt der Leitfaden KAS 18 die Grenzwerte 11.7 kW/m² bei 4 Sekunden und 19,9 kW/m² bei 2 Sekunden Strahlungsdauer bis zum Erreichen der Schmerzgrenze ungeschützter Personen. Zudem erreichen die errechneten Werte bereits Wärmestrahlungen, welche Verbrennungen 2. und 3. Grades hervorrufen können. Das Erreichen dieser Werte ist in der folgenden Tabelle dargelegt.

[20] P.A. Rodean, u.a.: Vapour Burn Analysis for the Coyote Series LNG Spill Experiments. Lawrence Livermore National Laboratory. UCRL-53530. (1984)

Tabelle 4: Wärmestrahlungswerte

Erreichen der Schmerzgrenze	
Einwirkdauer 4 Sekunden - 11.7 kW/m²	ca. < 46 m
Einwirkdauer 2 Sekunden - 19,9 kW/m²	ca. < 40 m
Verbrennung 2. Grades - 27,4 bis 32,9 kW/m²	ca. < 37 m
Verbrennung 3. Grades - 49 bis 64,5 kW/m²	ca. < 33 m

Grenzwerte für gesundheitlich schädigende Auswirkungen bzw. Verbrennungsgrade für die hier vorliegende kurze Einwirkdauer liegen nicht vor bzw. konnten der Literatur nicht entnommen werden. Die Sachverständigen weisen jedoch darauf hin, dass mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit mit schwerwiegenden Einwirkungen innerhalb kürzester Zeit gerechnet werden muss, wenn sich das exponierte Objekt zum Zeitpunkt der wirksamen Zündung innerhalb der Wolke, dessen Rand durch die Unterschreitung der UEG gekennzeichnet ist, aufhält.
Mit dieser Betrachtung erreichen die kritischen Grenzwerte keine schutzbedürftigen Bebauungen gemäß §50 BImSchG.

6 Schlussfolgerungen

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die zu erwartenden Auswirkungen von Dennoch-Störfällen unter den beschriebenen Szenarien untersucht.

Diese Auswirkungen lassen sich unter den beschriebenen Randbedingungen wie folgt quantifizieren:

Störfallauswirkung	
- Szenario 1: Dachhautleckage (Riss 4 m x 0,25 m)	
- Zündwillige Atmosphäre - Überschreiten der UEG	
- in Bodennähe	ca. 23 m
- Toxische Atmosphäre - AEGL-2-Wert für 10 Minuten	ca. 39 m
- Toxische Atmosphäre - ERPG-2-Wert für 60 Minuten	ca. 47 m
- Szenario 2: Zündung im Freiraum bei Freisetzung	
- Gefährdung durch Explosionsdruck (Kategorie 4)	
- Grenzwert nach KAS 18 (Personenschäden)	ca. 34 m
- Glasbruch bei Zündung im Freiraum:	ca. 58 m
- Gefährdung durch Wärmestrahlung:	
- Grenzwert gemäß KAS 18	nicht erreicht
- Sofortige Gesundheitsgefährdung	ca. 23 m
- Schmerzen bei 4 Sekunden Branddauer:	ca. 46 m
- Schmerzen bei 2 Sekunden Branddauer:	ca. 40 m
- Verbrennung 2. Grades	ca. 37 m
- Verbrennung 3. Grades	ca. 33 m

Die dargestellten Abstandsangaben sind ausgehend des Gärrestlagers berechnet. Dieser Behälter weist das größte Störfallpotential auf der Biogasanlage Hitzacker auf. Damit sind hier auch die größten Abstände zu erwarten. Es kann empfohlen werden diese Radien auch die übrigen gasdichten Behälter anzuwenden, um eine abschließende Betrachtung zu erreichen.

Nach Auswertung der Ergebnisse der untersuchten Szenarien mit ungünstigen Annahmen, kann zusammenfassend festgestellt werden, dass sich im aktuellen Planungsstand unabhängig von der Windrichtung keine schutzbedürftigen Gebiete im Sinne des § 50

Satz 1 BImSchG sowie Leitfaden KAS 18 /7/ innerhalb einer zündfähigen und toxischen Atmosphäre oberhalb des AEGL-2-Wertes für 10 Minuten angesiedelt sind. Damit ist auch das Mischgebiet im Bebauungsplan plan Hitzaker-Süd nicht innerhalb kritischer Schwellen angesiedelt. Auch bei Übertragung der Ergebnisse des untersuchten Gärrestlagers auf die übrigen Behälter (Fermenter), kann die gleiche Aussage getroffen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass hinsichtlich der Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne § 3 Abs. 5c) BImSchG im Genehmigungsverfahren die Abstandskriterien gemäß Leitfaden KAS 18 anzusetzen sind. Diese sind für den Explosionsdruck bei 0,1 bar oder für toxische Auswirkungen bei dem ERPG-2-Wert für 60 Minuten festgelegt. In diesem Fall beträgt die größte Abstandsberechnung 47 m bis zum Unterschreiten des ERPG-2-Wertes für 60 Minuten.

- Der Sachverständige empfiehlt die Festlegung eines angemessener Sicherheitsabstandes bei 47 m bedingt durch die Überschreitung des ERPG-2-Wertes für 60 Minuten als Akzeptanzkriteriums für toxische Auswirkungen.

Das mögliche Auftreten von Glasbruch ist in genehmigungsrechtlicher Hinsicht nicht kausal abstandsbestimmend sofern die zuständige Behörde nicht abweichend entscheidet.
Es wird darauf hingewiesen, dass die hier herangezogenen Szenarien in Konvention mit den im Abschnitt 3.2 des Leitfadens KAS 18 /7/ beschriebenen Randbedingungen stehen. Damit sind diese Szenarien entsprechend KAS 18 Abschnitt 2.2.2 /7/ über Erfüllung der Genehmigungsvoraussetzungen nach BImSchG hinaus, auch zur Bauleitplanung anwendbar.

Zu den Berechnungsergebnissen ist zusätzlich zu erwähnen, dass diese als sehr konservativ zu betrachten sind. Dies wird auch durch die Annahmen nach Kapitel 3.2 des Leitfadens KAS 18 /7/ unterstützt, wonach der Verlust des gesamten Stoffinventars und der größten zusammenhängenden Menge, Behälterbersten und der Abriss sehr großer Rohrleitungen bei Szenarien zum land-use-planing nicht zu berücksichtigen sind, da diese Szenarien bei Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik als zu unwahrscheinlich angenommen werden.

[redacted]

nach § 29b BImSchG
bekanntgegebener Sachverständiger
der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG