

# **Auswirkungsanalyse**

## **zur Ermittlung von angemessenen Abständen**

### **mittels Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen**

### **für die Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG**

**Projekt:** Erweiterung der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG

**Standort:** Gemarkung: Osterwohle  
Flur: 6  
Flurstücke: 175/53, 173/50  
PLZ Ort: 29410 Salzwedel OT Bombeck  
Straße H-Nr.: Buchholzer Straße 22

**Antragsteller:** Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG  
Osterwohle 38  
29410 Salzwedel

**Fachbehörde:** Landesverwaltungsamt Halle

**Bearbeiter:** TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG  
Trelleborger Straße 15  
18107 Rostock

**Auftragsnummer:** 8113244266

**Sachverständige:** Dipl.-Ing. (FH) Zöfel  
Bekanntgegeben nach §29b BImSchG

**Telefon:** (0381) 7703 473  
(0160) 888 0404

**Fax:** (0381) 7703 462

**Email:** czoefel@tuev-nord.de

Das vorliegende Dokument umfasst 45 Textseiten. Eine Vervielfältigung bedarf der Zustimmung des Auftraggebers (Betreiber) und der TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG.

Rostock, 30.03.2016

## Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
1.1	Veranlassung und Aufgabenstellung .....	3
1.2	Anlagenidentifikation.....	4
<b>2</b>	<b>Verwendete Unterlagen und Erkenntnisquellen .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Analyse möglicher Gefahren für die Umgebung und Nachbarschaft.....</b>	<b>7</b>
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
<b>4</b>	<b>Beschreibung der Berechnungsgrundlagen.....</b>	<b>20</b>
4.1	Vorgehen und Programmvorstellung .....	20
4.2	Auswahl der anzuwendenden Berechnungsmodelle.....	20
4.3	Auswahl der Randbedingungen und Eingabeparameter .....	21
<b>5</b>	<b>Berechnungen.....</b>	<b>29</b>
5.1	Szenario1: Gasfreisetzung durch Dachhautleckagen.....	29
5.1.1	Ergebnisse für Explosionsgefährdungen im Szenario 1 .....	31
5.1.2	Ergebnisse für toxische Gefährdungen im Szenario 1 .....	33
5.2	Szenario 2: Zündung der Biogaswolke im Dennoch-Störfall.....	36
5.2.1	Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2 .....	38
5.2.2	Ergebnisse der Wärmestrahlungsauswirkungen durch Zündung der Biogaswolke im Szenario 2 .....	40
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>44</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG betreibt eine Biogasanlage zur Erzeugung und thermischen Verwertung von Biogas und plant dessen Erweiterung. Die betreffende Biogasanlage wird im vorliegenden Dokument als Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG benannt.

Die geplante Erweiterung der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG ist genehmigungsbedürftig gemäß 4. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (4. BImSchV). Im Zuge des aktuellen Genehmigungsverfahrens, wurde auf Initiative des Betreibers die Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsabstandes mittels rechnerischer Verfahren in Auftrag gegeben.

Durch die vorliegende Abstandsermittlung soll der Anforderung Rechnung getragen werden, dass der Betreiber der Anlage zur Beachtung der Abstandsregelungen zu schutzbedürftigen Objekten gemäß § 50 BImSchG, Angaben zu den Auswirkungen macht, welche sich aus größeren Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes bzw. Störfällen ergeben können.

Es soll die Fragestellung beantwortet werden, ob ein schutzbedürftiges Objekt aufgrund der Auswirkungen von Störfällen und Dennoch-Störfällen in der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG negativ beeinflusst werden kann.

Die Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG beauftragte die TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG, Geschäftsstelle Rostock, nachfolgend TÜV NORD genannt, mit der rechnerischen Abstandsermittlung in der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG.

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.<sup>1</sup> Die im Leitfaden KAS 18, Abs. 3.1 emp-

---

<sup>1</sup> Sog. angemessener Abstand

fohlenen Entfernungsangaben<sup>2</sup> können somit eingehalten bzw. wenn das untersuchte Gefährdungspotential der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG es zulässt, unterschritten werden.

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 der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG befindet sich am Standort

Gemarkung: Osterwohle  
Flur: 6  
Flurstücke: 175/53, 173/50  
PLZ Ort: 29410 Salzwedel OT Bombeck

Die Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG ist genehmigungsbedürftig gemäß 4. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (4. BImSchV) und unterliegt nach der Erweiterung zudem den Grundpflichten der 12. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (12. BImSchV/Störfallverordnung). Diese Einstufung ergibt sich aus der maximal vorhandenen Menge an Biogas, welches als hochentzündlich einzustufen ist und daher gemäß Stoffliste im Anhang I der 12. BImSchV der Stoffgruppe 8 zugeordnet wird. Für diese Stoffnummer ist gemäß Spalte 4 in der Stoffliste im Anhang I der 12. BImSchV eine Mengenschwelle von 10.000 kg definiert.

Diese Mengenschwelle wird in der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG überschritten. Damit ist das gesamte Betriebsgelände und alle unter der Aufsicht desselben Betreibers stehende Anlagenbereiche, als ein Betriebsbereich gemäß §3, Abs. 5a BImSchG zu betrachten.

---

<sup>2</sup> Sog. Achtungsabstände

## 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 09/2015
- /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/ Übersichtslageplan – Bauher: Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG; Zeichn. „L-1“; ObjektNr.: 069/15; M 1:500; Ersteller: Morgenstern+Struck Statik GbR; Stand: 23.02.2016
- /U2/ Gasmengenberechnung per Mail 08.03.2016
- /U3/ Geruchsemmissionsprognose; Gutachten Nr.: OST 360506 H; Ersteller: ALB Akustik Labor Berlin; Stand: 13.06.2006
- /U4/ Messerwerte Gasqualität 01.02.2016-13.02.2016

Weiterhin wurden folgende Informationsquellen herangezogen:

- /U5/   GESTIS Stoffdatenbank (Stand 04.12.2013)  
      (<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>)
- /U6/   Sicherheitsdatenblatt Biogas und  
      Information BIOGAS der BG Chemie vom 11.12.2008
- /U7/   ProNuSs 8 (Version 8) - 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 vorwiegend eine Identifizierung und Definition von möglichen Schutzziele in der Umgebung. Auftragsgemäß sollen mögliche Auswirkungen auf schutzbedürftige Gebiete entsprechend §50 BImSchG untersucht und beurteilt werden.

Die textlich 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 Alarmie-*

*rungsfall 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.

Der Standort der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG befindetet auf einem Außenbereich, in einer Entfernung von ca. 6.000 m westlich der Ortschaft Salzwedel. Dabei stellt die Ortschaft Salzwedel auch zugleich die größte Ortschaft in der näheren und mittleren Umgebung dar.

Als nächstgelegene zusammenhängende Ortschaft in näherer Umgebung ist der Ortsteil Bombeck, dessen erste Wohnbebauungen nach ca. 255 m nordwestlicher Richtung erreicht werden, zu benennen. Dahinterliegend in gleicher Richtung erstrecken sich weitere Wohngebäude des Ortsteils.



Als nächstgelegenes schutzbedürftiges Objekt wird eine kleinere Ansammlung von Wohnbebauungen in östlicher Richtung erreicht. Die kürzeste Entfernung zu diesen Objekten beträgt ca. 110 m in Richtung Osten.

In ca. 150 m südlicher Richtung werden die Stallungen einer Schweinezuchtanlage erreicht. Diese sind nicht als schutzbedürftige Objekte im Sinne §50 BImSchG oder KAS 18 einzustufen. Zudem stehen die Gebäude der Schweinezuchtanlage in einem betrieblichen und organisatorischen Zusammenhang zur Biogasanlage und sind nicht als Bebauung Dritter einzuordnen.

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

- Wohngebäude in ca. 110 m östlicher Richtung (O)

identifiziert.

Im weiteren Umfeld ist das Anlagengelände überwiegend von landwirtschaftlich genutzten Nutzflächen sowie Forstflächen umgeben.



**Abbildung 1: Satellitenbild vom Anlagenstandort /Quelle: Google Maps 2016/**

#### Abstandsbetrachtungen zu Verkehrsflächen

Die Zufahrt zur Biogasanlage erfolgt über eine Zuwegung, welche wahlweise aus nördlicher oder südlicher Richtung befahren werden kann. Diese Auffahrt kann von der Kreisstraße K1002, welche in ca. 130 nordöstlicher Richtung verläuft, befahren werden.

Weiterhin sind in näherer Umgebung nur Ortsstraßen und im weiteren Umfeld vereinzelte Feld- und Landwirtschaftswege anzufinden. Verkehrswege mit größerer Fluktuation sind nicht vorhanden.

### 3.3 Stoffliche Gefahren

Aufgrund der Anlagencharakteristik der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG sind die folgenden Stoffe zu benennen, welche das Potential eines Störfalles beinhalten und Auswirkungen auf die Nachbarschaft hervorrufen können.

Dabei ist insbesondere gasförmiges Biogas als störfallrelevanter Stoff auf dem Betriebsgelände der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG einzustufen.

#### Stoffliche Risiken Biogas

Die Angaben zur Zusammensetzung von Biogas sind im Sicherheitsdatenblatt /U6/ enthalten. Biogas besteht demnach im Durchschnitt zu ca. 40 - 75 % aus Methan und ca. 20 - 50 % aus Kohlendioxid /U6/.<sup>3</sup> Darüber hinaus enthält es einen geringen Teil an Schwefelwasserstoff, das als sehr giftig eingestuft ist. Aufgrund des im Biogas enthaltenen Methangases wird Biogas als hochentzündlich eingestuft und fällt unter die Nr. 8 der Störfall-Verordnung /2/.

#### **Explosionsgefährdung**

Störfallrelevant wirkt bei Biogas vor allem die Fähigkeit zur Bildung explosionsfähiger Gemische mit der Umgebungsluft. Hauptverantwortlich dafür ist der Bestandteil Methan ( $\text{CH}_4$ ) dessen Explosionsgrenzen wie folgt definiert sind<sup>4</sup>.

#### Stoffeigenschaften Methan als Bestandteil von Biogas

Explosionsgrenzen $\text{CH}_4$ :	UEG (untere Explosionsgrenze) 4,4 Vol. %
	OEG (obere Explosionsgrenze) 17 Vol. %

Methan ist dem R-Satz - R12 - Hochentzündlich bzw. H220: Extrem entzündbares Gas zuzuordnen.

Entsprechend einem in dieser Anlage vorliegendem Methangehalt<sup>5</sup> von ca. 55 Vol% und der Berechnungsmethode der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM), Abtei-

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> Explosionsgrenzen von Methan gemäß GESTIS-Stoffdatenbank; Stand: 04.12.2013

<sup>5</sup> Vom Planer wurden Werte von 52 Vol% bekannt gegeben.

lung 2, Fachgruppe „Gase, Gasanlagen“, können die Explosionsgrenzen für die in dieser Anlage vorliegende Biogaszusammensetzung wie folgt definiert werden:

$$UEG_{Biogas} = \left(1 + \frac{x_{CO_2}}{x_{CH_4}}\right) \cdot UEG_{CH_4, CO_2}$$
$$OEG_{Biogas} = \left(1 + \frac{x_{CO_2}}{x_{CH_4}}\right) \cdot OEG_{CH_4, CO_2}$$

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

Dabei entspricht der Wert für „ $UEG_{CH_4, CO_2}$ “ bzw. „ $OEG_{CH_4, CO_2}$ “ nicht der UEG/OEG von Methan in Luft, da der inerte Anteil des im Biogas enthaltenen Kohlendioxids berücksichtigt werden muss. Um diese Randbedingung zu berücksichtigen muss der Wert für „ $UEG_{CH_4, CO_2}$ “ bzw. „ $OEG_{CH_4, CO_2}$ “ für das vorliegende  $CH_4/CO_2$  Verhältnis aus dem Explosionsdreieck für Methan abgelesen werden.

Dabei können die Werte für „ $UEG_{CH_4, CO_2}$ “ bzw. „ $OEG_{CH_4, CO_2}$ “ 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:

$$UEG_{CH_4, CO_2} = 4,5 \%$$
$$OEG_{CH_4, CO_2} = 12,1 \%$$

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

$$UEG \text{ (untere Explosionsgrenze) } 8,3 \text{ Vol. } \%$$
$$OEG \text{ (obere Explosionsgrenze) } 22,1 \text{ Vol. } \%$$

Gemäß Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG erfolgt für Biogas die Einstufung als hoch-entzündliche 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.

Schwefelwasserstoff fällt unter die Stoffnummern 1, 8 und 9a, der Stoffliste im Anhang I der Störfallverordnung. Diese Einstufungen sind in diesem Falle jedoch nicht anzuwenden, da Schwefelwasserstoff als geringer Bestandteil des Biogasgemisches zu werten ist. Relevant ist in diesem Fall die Gesamteinstufung des Gasgemisches Biogas unter der Stoffnummer 8 der Stoffliste im Anhang I der Störfallverordnung.

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<sub>2</sub>S in der Atemluft (bei störungsbedingten Freisetzungen):

	H <sub>2</sub> S-Konzentration	Einwirkzeit
AEGL-2	41 ppm	≤ 10 min
EPRG-2	30 ppm	≤ 60 min
Irreversible Schädigungen	300 – 500 ppm	kurzzeitig
Letale Dosis	> 500 ppm	ca. 30 min
	> 1000 ppm	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

#### Allgemein:

In der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG wird in einem mesophilen Vergärungsverfahren aus pflanzlichen Inputstoffen und Wirtschaftsdünger Biogas gewonnen, welches anschließend in Blockheizkraftwerken (BHKW) energetisch verwertet wird, um Strom und Wärme zu erzeugen. Die elektrische Energie des BHKW wird in das 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.

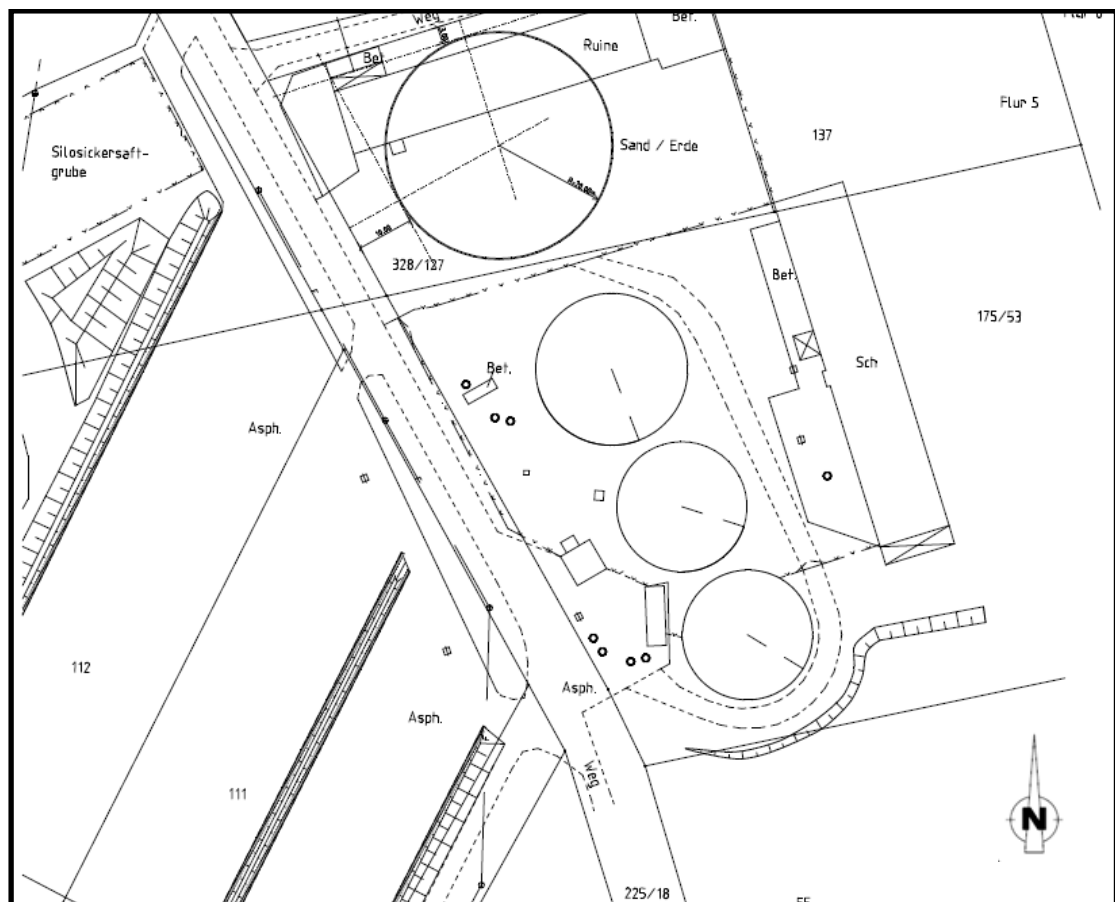


Abbildung 3: Anlagenübersicht - Quelle: /U1/



Das biologische Vergärungsverfahren findet unter Luftabschluss bei anaeroben Bedingungen in den Gärbehältern statt.

#### Betrachtung möglichen Störfallpotentials

In der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG werden in den Gasräumen der Gärbehälter nennenswerte Menge an Biogas erzeugt und zwischen gelagert. Biogas ist als toxisch und hochentzündlich einzustufen und fällt unter die Nr. 8 der Störfall-Verordnung (vgl. Abschnitt: stoffliche Gefahren).

In Folgenden Anlagenteilen wird Biogas in einer störfallrelevanten Menge vorgehalten:

- Fermenter – D = 22 m,
- Nahgärer – D = 22 m,
- Gärrestbehälter 1 – D = 26 m,
- Gärrestbehälter 2 – D = 40 m.

Diese Behältertypen bestehen aus einem zylinderförmigen Mantel aus Stahlbeton in verschiedenen Durchmessern. Der Gasraum ist zur Umwelt im Normalbetrieb mit einem Foliendach abgedeckt. Das Foliendach ist mit einem Klemmschlauchsystem an den Behälterrand gasdicht befestigt.

Der Fermenter und der Nachgärer sind im Regelbetrieb im zylindrischen Mantel vollständig bis zum Freibord mit Substrat gefüllt. Dagegen können die Gärrestbehälter saisonal auch vollständig von Substrat geleert vorliegen. Damit ist das Gasvolumen und damit das Störfallpotential im Gärrestbehälter 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<sup>6</sup> in der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG 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**

Bei der Szenarienbildung wird konservativ ungünstig unterstellt, dass größere Mengen an gefährlichen Stoffen unkontrolliert in die Umgebung austreten. Als gefährlicher Stoff in relevanter Menge auf der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG ist einzig Biogas zu benennen. 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 Lebens-

---

<sup>6</sup> Gegenmaßnahmen nach § 3 Abs. 1 und § 3 Abs. 3 StörfallV

zyklus einer Biogasanlage nicht vollkommen auszuschließen. Dabei kann ein Riss der Folie angenommen werden. Auch kann unterstellt werden, dass die Klemmschlauchbefestigung die Folie nicht mehr am Rand der Behälterkrone halten kann und somit ein Öffnungsquerschnitt freigelegt wird.

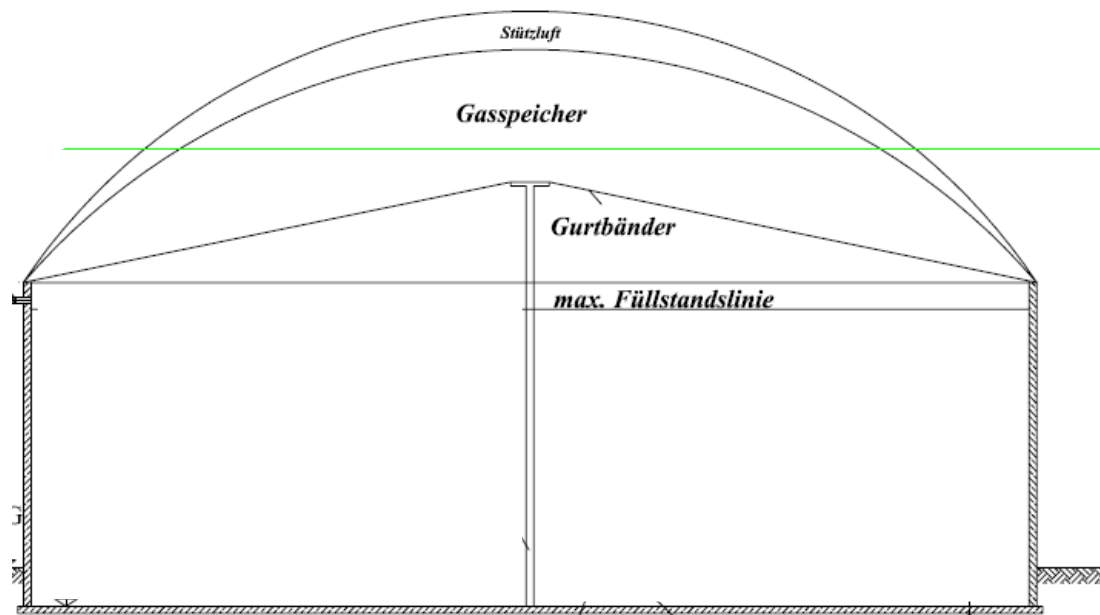
Da im hier untersuchten Behälter mit dem größten Biogasinhalt (Gärrestbehälter 2) die Dachbefestigung mit einem Klemmschlauchsystem erfolgt, wird in Übereinstimmung mit dem Leitfaden KAS 32 /8/ wird folgendes Szenario untersucht:

- Biogas wird durch ein definiertes Leck von 4 m x 0,25 m Größe (1m<sup>2</sup>) in der Dachhaut kontinuierlich freigesetzt.

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 der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG geht primär vom Stoff *Biogas* aus, welcher auch als einzig relevanter störfallrelevanter Stoff in einer größeren Menge zu benennen ist. Aus diesem Grund ist an allen zu betrachtenden Szenarien gasförmiges Biogas beteiligt, welches aufgrund seiner Eigenschaften und der vorhandenen Menge als störfallrelevanter Stoff auf dem Betriebsgelände der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG einzustufen ist. Es wird daher die Freisetzung von Biogas mit toxischen und explosionsfähigen Bestandteilen aus dem größten Gärbehälter auf dem Anlagengelände unterstellt.

Dabei wird zur umfänglichen Betrachtung eines größeren Störfalles mit möglichen Einwirkungen auf die Umgebung, sowie zur Konformität mit dem Leitfaden KAS 32, die Freisetzung der größten zusammenhängenden Menge (GZM) auf dem Anlagengelände unterstellt. Diese GZM ist nach Analyse der aktuell vorliegenden Anlagenkonzeption im Gärrestbehälter 2 anzufinden (Abbildung 4).

Zudem wird konservativ davon ausgegangen, dass das dieser Behälter zum Schadenszeitpunkt vollständig vom Substrat geleert ist und damit das größtmögliche Gasvolumen beinhaltet. Abbildung 4 stellt den beispielhaften Aufbau des Gärrestbehälters 2 schematisch dar.



**Abbildung 4: Schnittzeichnung Gärrestbehälter 2; Projektunabhängig**

Im Folgenden werden die sicherheitsrelevanten Anlagenteile betrachtet, bei denen die größten Störfallauswirkungen zu erwarten sind. Dementsprechend wird bei den Ausbreitungs- und Auswirkungsberechnungen das Gärrestbehälter 2 als Biogasbehälter mit der größten zusammenhängenden Masse an Biogas und damit mit dem höchsten Störfallauswirkungspotential berücksichtigt.

## **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 8.

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 Freistrahlmodeselles 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 Freistrah auswirkt sobald der Austrittsimpuls abgebaut worden ist.<sup>7</sup> Entsprechende Berücksichtigung der Turbulenzeinflüsse sind 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<sup>8</sup>

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

<sup>7</sup> TÜ Bd.51 (2010) Nr. 10 - Oktober

<sup>8</sup> Entspricht AD-Merkblatt A2; ProNuSs 8 Handbuch

Aufgrund des hier angenommen Überdruckes<sup>9</sup> im Gasraum der Gärbehälter von 5 mbar wird von einem unterkritischen Druckverhältnis ausgegangen. Weiterhin ist die Ausflussziffer zur Berechnung des Ausflussmassesstromes relevant. Die Ausflussziffer beschreibt die Geometrie des Lecks. Die liegt i.d.R. zwischen 0,38 (scharfkantig d.h.: hohe Reibungsverluste und verringerter Massesstrom) und z.B.: 0,92 (runde Düse d.h.: wenig Reibungsverluste und erhöhter Massesstrom). 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 der errechnete Ausflussmassesstrom im gesamten Zeitraum konstant bleibt. Was bedeutet, dass konservativ angenommen wird, 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.

<sup>9</sup> Angenommener Wert bei Versagen der Überdrucksicherung – entspricht Vorgaben aus KAS 32

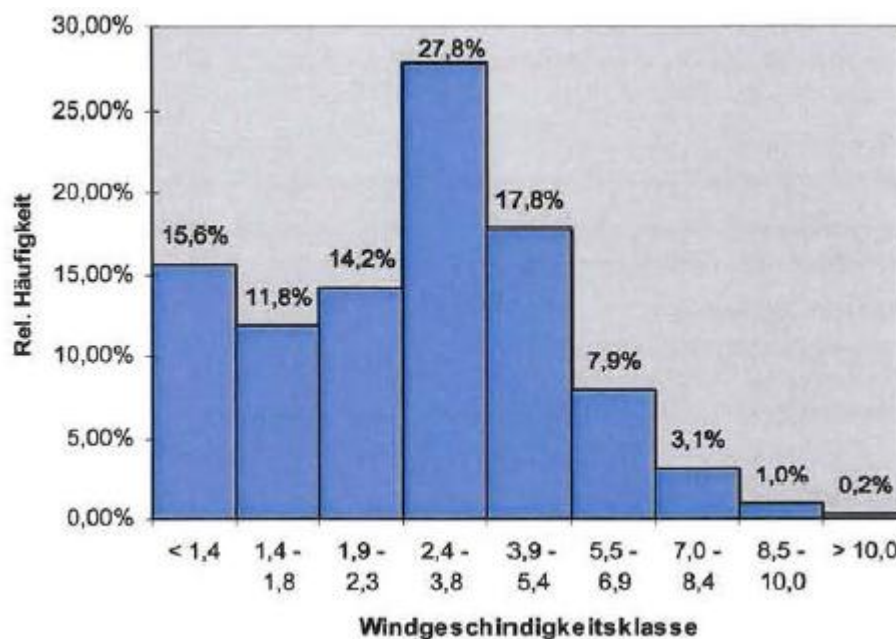
Da hier entsprechend dem Leitfaden KAS 18 /7/ von einer mittleren Ausbreitungssituation ausgegangen wird, wird zur weiteren Berechnung für alle Szenarien die Klasse:

- Indifferent

gewählt.

### Windgeschwindigkeit

Für die repräsentative Wetterstation Seehausen, wurde durch den deutschen Wetterdienst (DWD) für den Zeitraum 2001 die Windverteilung wie folgt dargestellt:



**Abbildung 5: Windgeschwindigkeiten 2001 - DWD; Quelle: /U3/**

Damit liegt die Windgeschwindigkeit im Jahre-Mittel 3,2 m/s. In Konvention mit dem Leitfaden KAS 32 wird zur Ermittlung eines angemessenen Abstands die Verwendung der häufigsten Windgeschwindigkeit gefordert. Daher wird die Berechnung mit der folgenden mittleren Windgeschwindigkeit durchgeführt.

- Mittlere Windgeschwindigkeit: 3,2 m/s

Diese stellt einen repräsentativen Wert für die vorherrschende Situation 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:

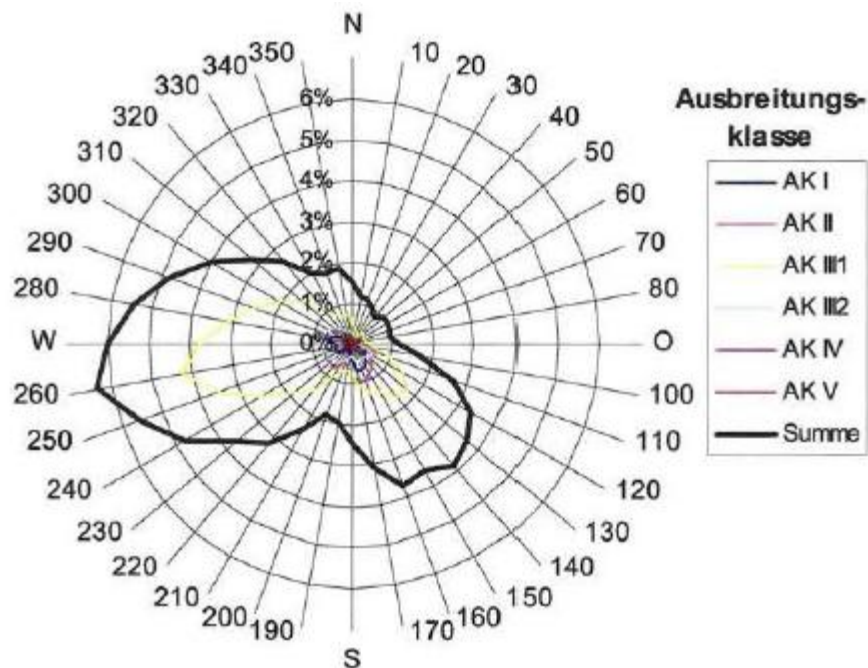
Zur quantitativen Abschätzung der Auswirkungen des Dennoch-Störfalls werden meteorologische Randbedingungen gewählt, welche mittlere Ausbreitungssituationen beschreiben.

- Umgebungstemperatur: 20 °C
- Witterung: kein Regen



### Windrichtung:

Für den hier vorliegenden Standort wurde im Bericht /U3/ die Wetterstation Seehausen als hinreichend repräsentativ bewertet und dargestellt. Die dargestellte Windrichtungsverteilung stellt den aufgenommenen Zeitraum des Jahres 2001 dar.



**Abbildung 6: Windrichtungsverteilung; Station Seefeld; 2001; Quelle /U3/**

Die Verteilung zeichnet sich durch ein ausgeprägtes Maxima bei Winden aus westlicher Richtung aus. Ein Sekundäres Maximum besteht in Richtung Südosten.

Unabhängig davon wird entsprechend der Aufgabenstellung eine windrichtungsunabhängige 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. Die Berücksichtigung der Hauptwindrichtung findet in der Bewertung der Ergebnisse Bedeutung.

### Bodenrauigkeit

Auch die Bodenrauigkeit 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 Bodenrauigkeit wird als mittlere Rauigkeitslänge 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 auf die Nachbarschaft befinden sich zwischen den Biogasbehältern und den nächstgelegenen schutzbedürftigen Bebauung nordöstlicher Richtung, bewaldete Flächen. Diese haben einen Einfluss auf die Geländeausbildung. Unter Berücksichtigung dieser Einflüsse wird die mittlere Bodenrauigkeit von:

- $z_0 = 0,5$  m

gewählt. Dies entspricht der Rauigkeitsklasse nach VDI 3783-1 von

- 3.

### Quellparameter – Gärrestbehälter 2

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| - Max. Biogasvolumen: <sup>10</sup> | ca. 15.253 m <sup>3</sup>                                |
| - Max. Biogasmenge:                 | ca. 19.829 kg <sup>11</sup>                              |
| o davon Biogasmasse in Dachhaube    | ca. 6.760 kg   |
| - Quellhöhe:                        | 7,5 m<br>(Behälteroberkannte mit<br>0,5 m Erdeindeckung) |
| - Behälterradius:                   | 20 m   |

<sup>10</sup> Dem Sachverständigen wurden die Behälterdimensionen vom Planer/Betreiber übermittelt (Durchmesser: 44m). Damit wurde eine Gasmengenberechnung nach dem Berechnungsverfahren des BMU (Biogas\_StörfallV\_1\_2.xlsx) durchgeführt. Diese berücksichtigte die Volumina-Berechnung eines Behälters mit aufgesetztem Kugeldach.

<sup>11</sup> Gemäß Entscheidung des Ausschusses der Ländergemeinschaft Immissionsschutz „AISV - Anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge“ aus dem Jahr 2011 wird eine Dichte von 1,3 kg/m<sup>3</sup> angenommen.

### 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 Grenzwert dargestellt.

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 als Schwefelwasserstoffgehalt im freigesetzten Biogas ein Wert von 5.000 ppm (0,5 Vol%) für Anlagen, in welchen überwiegend nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) vergärt werden anzunehmen, sofern keine Detailkenntnisse zur Biogaszusammensetzung vorliegen.

In der Biogasanlage der Osterwohler Biogas GmbH & Co. KG wurde zur Gewinnung solcher Detailkenntnisse die Schwefelwasserstoffkonzentration über einen Zeitraum von zwei Wochen (01.02.2016-13.02.2016) gemessen und dokumentiert. Die Messungen wurden vor dem Filter getätigt. Der Betreiber hat diese Messerte den Sachverständigen übergeben und garantiert für die Richtigkeit. In Auswertung dieser Messwerte kann für die Schwefelwasserstoffkonzentration ein Mittelwert von ca. 75 ppm im Regelbetrieb festgestellt werden. Dieser Wert wird erreicht, da im Regelbetrieb die  $H_2S$ -

Bildung durch die biologische Entschwefelung während des Fermentationsprozesses reduziert wird.

Um eventuelle Messfehler oder Fehler in der Entschwefelung sowie schwankende Inputzusammensetzungen oder Witterungseinflüsse zu berücksichtigen, wird zur vorliegenden Untersuchung ein konservativ hoher H<sub>2</sub>S-Anteil im Rohbiogas von

- max. 1.000 ppm H<sub>2</sub>S

herangezogen.

Dies stellt für den Regelbetrieb einen weit überhöhten Wert dar. Dieser deckt jedoch auch das Szenario eines möglichen, temporären Versagens der biologischen Entschwefelungsanlage ab.<sup>12</sup>

#### Weitere stoffliche Parameter

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

---

<sup>12</sup> Zweifehler-Prinz

## 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 Gärrestbehälters 2 untersucht. Dieser Behälter stellt das größte Gasvolumen und damit das größte Gefahrenpotential auf dem Biogasgelände dar.

Dabei wird angenommen, dass zunächst die Wetterschutzplane 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 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

Es wird angenommen, dass zunächst die Wetterschutzplane versagt und anschließend die darunterliegende Gasspeicherhaube ohne Benennung der Ursache aufreißt 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

- Es wird ein Riss angenommen mit den Abmaßen<sup>13</sup>:

Länge 4 m und Breite 0,25 m

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

- Freisetzungshöhe:

7 m üOK

(Ausgehend von 8 m Zylinderhöhe  
und einer Erdeindeckung von 1 m)

### berechneter Ausflussmassenstrom

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

➤ 34,54 kg/s

als kontinuierlichen Massenstrom aus dem beschriebenen Leck.

Setzt 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 Ausflussmassenstrom 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<sup>14</sup> 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 75 m<sup>3</sup> bzw. 98 kg spontan freigesetzt wurden, bis sich der Druck auf Umgebungsdruck entspannt hat. Dieser Zeitpunkt wäre mit dem nach Gleichung 1 berechneten Massenstrom bereits nach ca. 3 Sekunden nach Beginn der Freisetzung erreicht. Konservativ wird nun jedoch angenommen, dass der Austrittsstrom durch die Gewichtskraft der zusammenfallenden Dachhaube unter-

<sup>13</sup> Entsprechend KAS 32

<sup>14</sup> In Annahme einer isothermen Zustandsänderung würde die Druckentspannung auf Umgebungsdruck innerhalb einer kürzeren Zeitdauer erfolgen

stützt wird und dadurch der berechnete Ausflussmassenstrom 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 wird das gesamte Gasvolumen in zwei Abschnitten freigesetzt.

Beginnend mit dem nach der Gleichung 1 berechneten Ausflussmassenstrom. Bei einer Gasmenge von 5.200 kg in der Dachspeicherhaube des zu betrachtenden Gärrestbehälters 2 beträgt die Dauer der Freisetzung somit ca. 196 Sekunden.

Da nach der Freisetzung des Gasspeichers noch ca. 13.069 kg Gas im Zylindermantel verbleiben, werden diese unter Berücksichtigung einer dichteneutralen Zustandes und in Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32 in einem Zeitrahmen von 600 Sekunden freigesetzt. Der Freisetzungsmassenstrom für diesen zweiten Freisetzungsabschnitt beträgt somit 21.8 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 Freisetzungsmassenströmen 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 7 dargestellt.

Es ist zu erwähnen, dass diese Abbildung die Ergebnisse ausgehend des Gärrestbehälters 2 zeigt, da dieser das größte Biogasvolumen aufweist. Die Ausbreitung gilt in Windrichtung und unter Unterstellung einer ungehinderten Ausbreitung ohne Hinder-



nisse in Richtung einer möglichst freien Fläche, um eine ungehinderte Ausbreitung zu simulieren und damit den größten Schutzradius zu bestimmen.

### Explosionsgefährdungen

bei einer Leckage von 4 x 0,25 m  
Gärrestbehälter 2 - Biogasanlage der Osterwohler Biogas

Berechnung nach VDI 3783 - Blatt 1  
mittlere Ausbreitungssituation

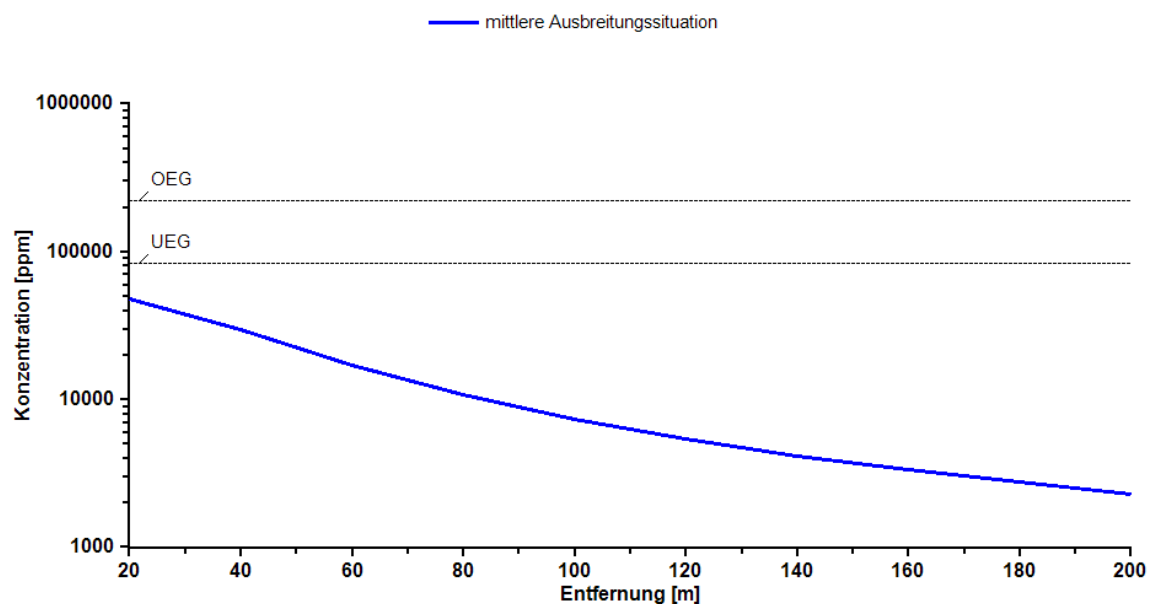


Abbildung 7: Zündfähigkeit in Entfernung von der Quelle (Gärrestbehälter 2)

#### Auswertung: Ausbreitung zündfähiger Atmosphäre

Die Berechnung nach der Richtlinie VDI 3783-1 hat ergeben, dass bei einer Freisetzung der maximalen Gasmenge des Gärrestbehälters aus einem Leck mit den beschriebenen Dimensionen, die UEG bereits bei Entfernungen > 20 m um ein vielfaches unterschritten ist.

Aufgrund dieser Beobachtungen wird die Aussage getroffen, dass Explosionsgefährdungen bei Entfernungen > 20 m in Bodennähe nicht zu erwarten sind. Es wird von Berechnungen in dichter Entfernung vom Freisetzungsort abgesehen, da die zu erwartenden Rechenergebnisse in solch geringen Entfernungen nicht mehr repräsentativ sind. Es wird darauf hingewiesen, dass das Rechenmodell der VDI 3783 nicht für Nahbereiche geeignet ist und überschätzte Ergebnisse liefert.



Obwohl die explosive Atmosphäre aufgrund der Höhendifferenz zur Austrittsstelle nicht die Bodennähe erreicht, wird als Ergebnis der Berechnung die maximale Länge der explosionsfähigen Gaswolke mit 20 m ermittelt.

Eine Zündung im Außenbereich in Höhe der Austrittsstelle wäre somit nicht vollkommen auszuschließen. Die Folgen durch entstehende Explosionsüberdrücke 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.

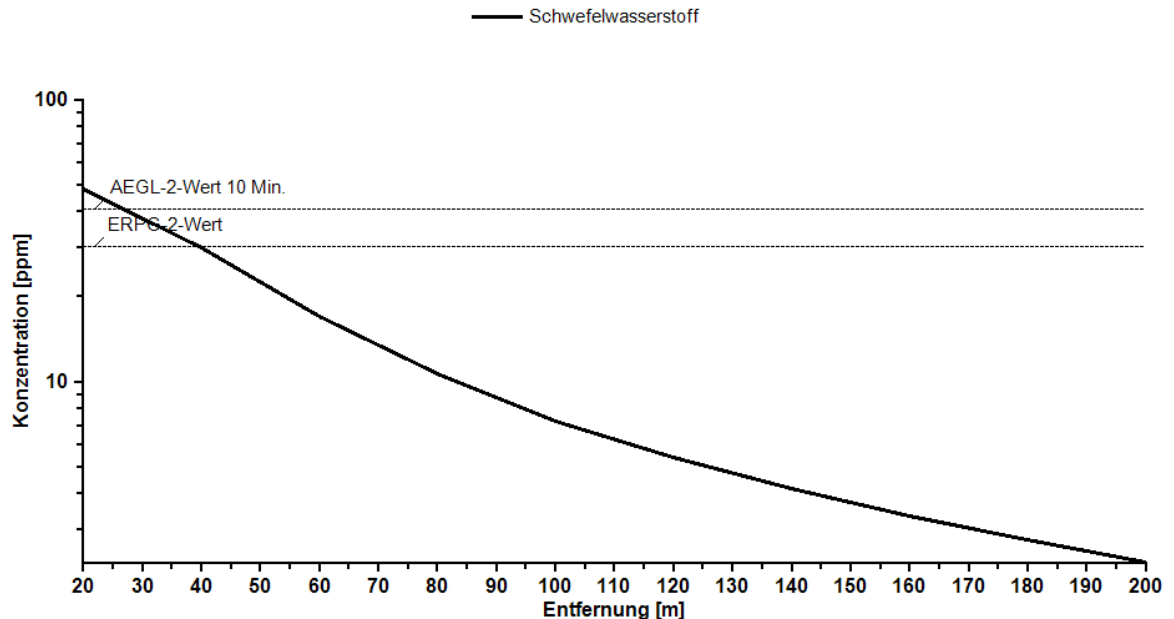
In Konvention mit den Leitfäden KAS 18 und KAS 32 wird ebenfalls der ERPG-2-Wert dargestellt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass dieser Auswirkungen in einem Expositionszeitraum von >60 Minuten beschreibt. Eine Konzentration des Gases im Freiraum ist für diese Zeitdauer nicht zu erwarten.

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 8 dargestellt.

**Toxische Gefährdung durch Schwefelwasserstoffanteil - 1.000 ppm**

bei einer Leckage von 4 x 0,25 m  
Gärrestbehälter 2 - Biogasanlage der Osterwohler Biogas

Berechnung nach VDI 3783 - Blatt 1  
mittlere Ausbreitungssituation



**Abbildung 8: H<sub>2</sub>S-Konzentrationen in Entfernung von der Quelle (Gärrestbehälter 2)**

**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. 28 m in Windrichtung zu dem freigesetzten Gärrestbehälter 2 zu erwarten ist. Der ERPG-2-Wert erreicht Entfernungen von bis zu ca. 40 m.

Für die Freisetzung von toxischen Bestandteilen im Biogas aus dem Gärrestbehälter 2 stellt Abbildung 8 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 8 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 Windein-

zugsrichtung befinden. Dabei ist eine Ausbreitzungszone 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 9: Ausbreitung der toxischen Atmosphäre oberhalb AEGL-2 Wert ausgehend des Gärrestbehälters 2 – schemenhaft Windrichtungsunabhängig**  
/Quelle: Google Maps 2016/

In Auswertung der Berechnungsergebnisse und mit Blick auf die örtliche Lage kann festgestellt werden, dass unabhängig der gleichzeitig eintretenden Windrichtung keine außerbetrieblichen Objekte mit einer Schwefelwasserstoffkonzentrationen oberhalb des AEGL-2-Wertes oder des ERPG-2-Wertes exponiert sind.

Im Bereich der nächstgelegenen schutzbedürftigen Wohnbebauungen in ca. 110 m nordöstlicher Richtung, welche im Abschnitt 2.3 als schutzbedürftig eingestuft wurde, werden unabhängig der jeweiligen Windrichtung keine gesundheitsgefährdenden Werte erreicht. Es ist jedoch von geruchlichen Wahrnehmungen auszugehen.

Es wird zudem darauf hingewiesen, dass der AEGL-2-Wert schädliche Auswirkungen bei einer Expositionsdauer von >10 Minuten (600 Sekunden) beschreibt. Es kann je-

doch 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 nicht überschritten wird. Jedoch haben die Berechnungen auch ergeben, dass in höheren Bereichen die Gaskonzentrationen bis ca. 20 m hinter der Behälterkrone zündfähig sind.

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<sup>15</sup> kann eine Explosion der freigesetzten Biogasmenge unterstellt werden. Dabei ist der Begriff Explosion als Oberbegriff für eine Deflagration und eine Detonation zu verstehen.

Da im vorliegenden Fall von einer unverdämmten Gaswolkenexplosion<sup>16</sup> 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

<sup>15</sup> Wenn sich eine Wolke aus brennbaren Gas mit Luft zu einem brennbaren Gemisch mischt.

<sup>16</sup> Engl.: Unconfined Vapor Cloud Explosion (UVCE)

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<sup>17</sup>. Die Berechnung der Explosionsüberdrücke wird mit dem Programm ProNuSs 8 durchgeführt, in welchem das genannte Modell implementiert ist.

### **TNO/Multi-Energy-Modell - Randbedingungen und Vorbetrachtungen**

Gaswolken, die 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 Turbulenzgrade 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. Aufgrund der Gasfreisetzung aus dem Gärrestbehälter 2 in einer Höhe von ca. 7 m und den dem Sachverständigen bekannten Bebauungsplänen des Betriebsgeländes ist bei der Modellrechnung nicht mit einer nennenswerten Verdämmung durch angrenzende Bebauung zu rechnen.

Zur Wahl der passenden Kategorie wird im ProNuSs-Handbuch /U7/ als Hilfestellung die Matrix von Kinsella angegeben. Darin können die vor Ort angefundene Merkmale der Geländeausprägung in den Merkmalen Verblockung und Verdämmung berücksichtigt werden. Mit dieser Matrix wird unter den drei Parametern geringer Zündenergie, geringe Verblockung und geringe Verdämmung die Kategorie 1 - 3 empfohlen. Konservativ wird die Kategorie 3 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

---

<sup>17</sup> Die Anwendung des TNT Modelles zur Untersuchung einer Zündung einer Gaswolke im Freiraum ist aus Sicht der Sachverständigen nicht geeignet.



UEG verdünnt haben. Daher wird ein großer Teil der Gasmenge nicht mehr an der Entzündung teil nehmen. Dies wird im Berechnungsprogramm ProNuSs v8 zur Ermittlung der explosionsfähigen Masse berücksichtigt. Es wurde eine explosionsfähige Masse von 115 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**

(Gärrestbehälter– das größte Gasvorkommen auf der betreffenden Anlage)

- explosionsfähige Masse (mit Faktor 2): ca. 230 kg
- Wolkendurchmesser<sup>18</sup> (in Austrittshöhe) ca. 20 m

##### **Eingabeparameter TNO/Multi-Energy-Modell**

- Kategorie: 3

Zur Berechnung wird mit dem Programm ProNuSs 8 für ein Gasgemisch, bestehend aus 55 % Methan und ca. 45 % Kohlendioxid, unter Berücksichtigung der vorhergegangenen Ergebnisse eine Ausbreitungsberechnung vorgenommen.

## **5.2.1 Ergebnisse der Explosionsdruckberechnung im Szenario 2**

Die folgenden Abstandsangaben beziehen sich auf den Abstand vom Rand des Gärrestbehälters 2 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.

---

<sup>18</sup> Ergebniss der Berechnung mit ProNuSs v8

Zusammenfassend ist der Explosionsdruckverlauf als Funktion über der Entfernung vom Behälterrand in der Abbildung 10 dargestellt.

### Explosionsüberdruck - Gärrestbehälter 2 - BGA Osterwohler Biogas

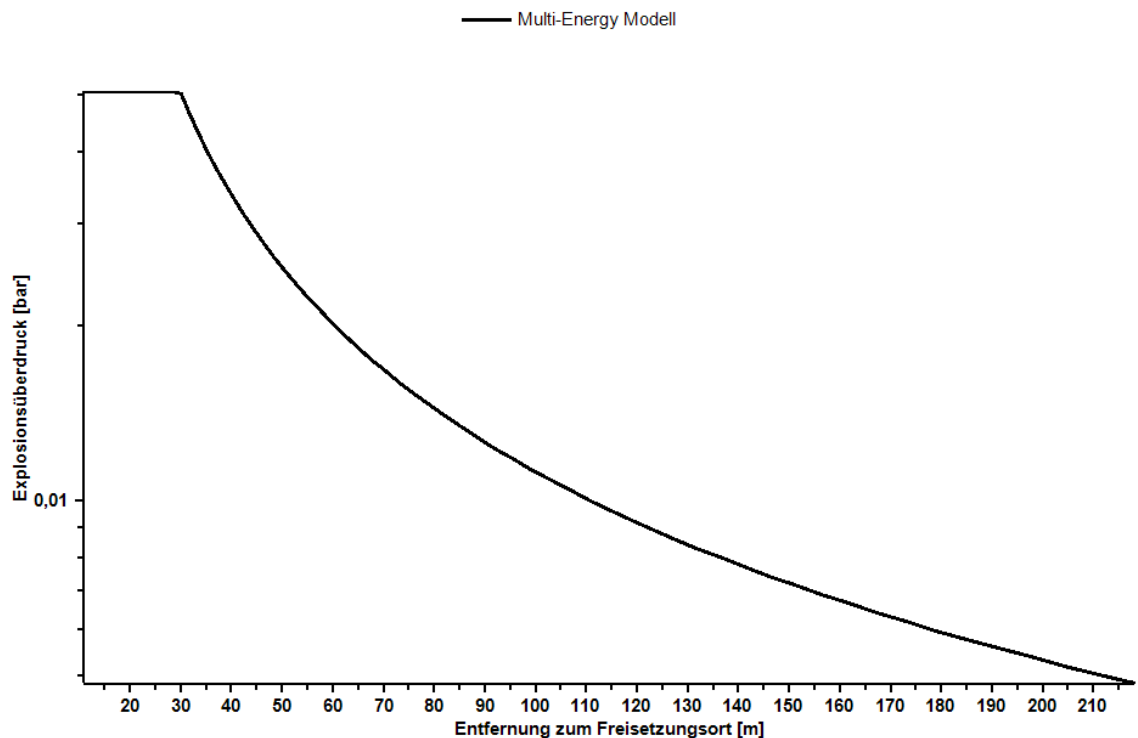


Abbildung 10: Explosionsüberdrücke – ausgehend Gärrestbehälter 2

### Bewertung möglicher Auswirkungen durch Explosionsdruck

Folgende Schadensbilder sind dem Programm-Handbuch /U7/ entnommen und basieren auf Forschungsberichten des Umweltbundesamtes (UBA) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

Tabelle 2: Glasschäden

Glasschäden		
Bruch von 10 % der Scheiben	0,01 bar	111 m
Bruch von 75 % der Scheiben	0,03 bar	44 m
Bruch von 100 % der Scheiben	0,05 bar	30 m

**Tabelle 3: Personenschäden**

Personenschäden		
Grenzwert gemäß KAS 18	0,1 bar	Nicht erreicht
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 Grenze für schwere Glasschäden bei ca. 30 m und für 75 % Scheibenbruch bei ca. 44 m. Der Toleranzbelastungswert für Spitzenüberdrücke ist gemäß dem Leitfaden KAS 18 /7/ mit 0,1 bar definiert und wird nicht erreicht. Auswirkungen, welche mit „kein Funktionswert“ gekennzeichnet sind, sind in dem dargestellten Szenario nicht zu erwarten.

Im Bereich der nächstgelegenen außerbetrieblichen schutzbedürftigen Bebauungen in ca. 110 m nordöstlicher Richtung ist nicht mit Glasbruch oder weiteren negativen Beeinflussungen zu rechnen. Da sich die Zündung in Höhe ereignen muss ist Trümmerflug nicht zu erwarten.

## **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 8 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/m<sup>2</sup> anzusetzen (Quelle: Chamberlain<sup>19</sup> und ProNuSs Handbuch /U7/).

### **Weitere Randbedingungen zur Berechnung im Modell Gaswolkenbrand**

#### **Stoffparameter**

- Strahlungsintensität: 200 kW/m<sup>2</sup>

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

#### **Modellparameter**

- Gaswolkenlänge: 20 m
- Gaswolkendurchmesser: 12 m
- Höhe der Wolkenmittellinie über Boden: 7 m

### **Ergebnisse**

Abbildung 11 zeigt die maximale Bestrahlungsstärke ohne Hindernisse in 1 m Höhe über dem Boden.

---

<sup>19</sup> G. A. Chamberlain. Development in design methods for prediction thermal radiation from flares. Chem. Eng. Res. Des. Vol. 65 (1987)

## Bestrahlungsstärke - Gärrestbehälter - BGA Osterwohler Biogas

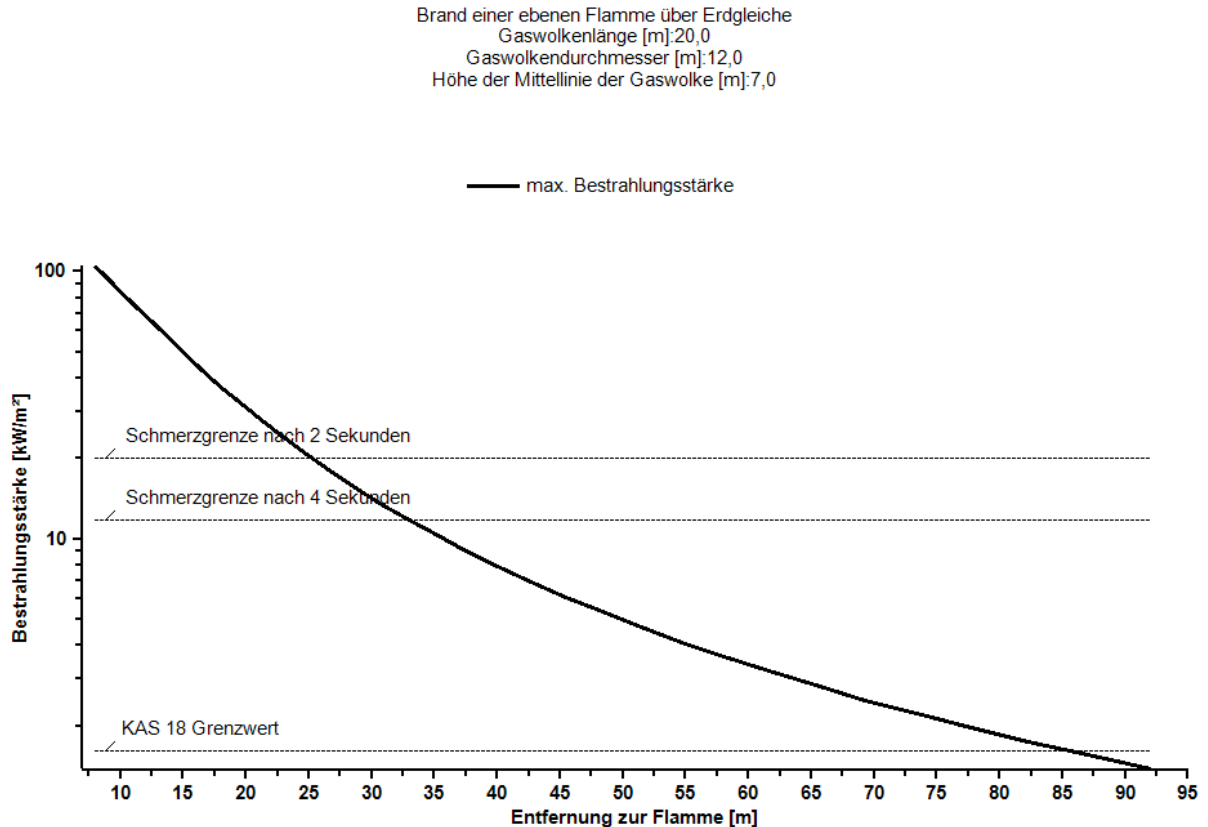


Abbildung 11: Wärmestrahlung als Abstand vom Wolkenrand

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. < 85,6 m erreicht. Dieser Grenzwert gilt für Brände und eine unbestimmt lange Branddauer und ist daher auf längere Einwirkzeiten<sup>20</sup> anzusetzen.

Jedoch ist bei der Untersuchung von Wärmestrahlungsauswirkungen bei einer Gaswolkenexplosion die Branddauer bzw. Dauer der Strahlungseinwirkung zu berücksichtigen. Bei Biogas (Methan) beträgt die Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit zwischen 20 m/s bis 40 m/s im Freiraum<sup>21</sup>, ohne nennenswerte Hindernisse. Damit wäre die freigesetzte Biogaswolke nach maximal ca. einer Sekunde vollständig abgebrannt.

<sup>20</sup> z.B.: Brand eines Tanklagers etc.

<sup>21</sup> Vgl. Handbuch ProNuSs v8

Da entsprechend den vorhergegangenen Betrachtungen davon ausgegangen werden kann, dass aus dem beschriebenen Leck weiterhin Gas nachströmt, wird unterstellt, dass sich die Flamme auch für länger als eine Sekunde aufrecht erhalten werden kann. 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/m<sup>2</sup> bei 4 Sekunden Strahlungsdauer und 19,9 kW/m<sup>2</sup> bei 2 Sekunden Strahlungsdauer bis zum Erreichen der Schmerzgrenze ungeschützter Personen.

Das Erreichen dieser Werte ist in der folgenden Tabelle dargelegt.

**Tabelle 4: Erreichen der Schmerzgrenze**

<b>Erreichen der Schmerzgrenze</b>	
Einwirkdauer 4 Sekunden - 11,7 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 33,0 m vom Wolkenrand <sup>22</sup>
Einwirkdauer 2 Sekunden - 19,9 kW/m <sup>2</sup>	ca. < 25,4 m vom Wolkenrand

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 wirk-samen Zündung innerhalb der Wolke, dessen Rand durch die Unterschreitung der UEG gekennzeichnet ist, aufhält.

Es liegen keine schutzbedürftigen Objekte innerhalb kritischer Grenzwerte.

<sup>22</sup> Der Wolkenrand beschreibt im ungünstigen Fall die maximale Ausdehnung der UEG

## 6 Schlussfolgerungen

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

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

### Störfallauswirkung

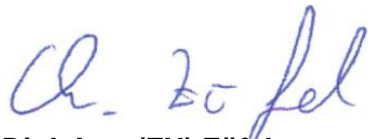
- Szenario 1: Dachhautleckage (Riss 4 m x 0,25 m)
  - Zündwillige Atmosphäre - Überschreiten der UEG im Bodenbereich  
nicht erreicht
  - Toxische Atmosphäre - AEGL-2-Wert für 10 Minuten ca. 28 m
  - Toxische Atmosphäre - ERPG-2-Wert für 60 Minuten ca. 40 m
- Szenario 2: Zündung im Freiraum bei Freisetzung
  - Gefährdung durch Explosionsdruck
    - Grenzwert nach KAS 18 (Personenschäden) < nicht erreicht
    - Glasbruch 75 % bei Zündung im Freiraum: < 44 m
    - Glasbruch 100 % bei Zündung im Freiraum: < 30 m
  - Gefährdung durch Wärmestrahlung:
    - Grenzwert gemäß KAS 18 nicht erreicht
    - Sofortige Gesundheitsgefährdung ca. 20 m  
Schmerzen bei 4 Sekunden Branddauer: < 33 m  
vom Wolkenrand
    - Schmerzen bei 2 Sekunden Branddauer: < 25,4 m  
vom Wolkenrand

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.

Die dargestellten Abstandsangaben sind ausgehend des Gärrestbehälters 2 berechnet, da dieser den größten Stoffinhalt aufweist und damit auch die größten Abstände ausgehend des Gärrestbehälters 2 zu erwarten sind.

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.



**Dipl.-Ing. (FH) Zöfel**

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